Albert Einstein

Cum văd eu lumea

ALBERT EINSTEIN *s-a* născut la Ulm în Germania, la 14 martie 1879. A studiat matematică şi fizică la Şcoala Politehnică

Federală din Zürich între 1896 şi 1900. În anii 1902 – 1908 a lucrat ca expert la Oficiul Federal de Patente din Berna şi a publicat lucrări ce au atras atenţia lumii ştiinţifice, printre care prima lucrare despre teoria specială a relativităţii în 1905. În anii 1908 – 1914 a fost profesor de fizică teoretică la universităţile din Berna, Zürich şi Praga. În 1913 este ales membru al

Academiei Prusace de Ştiinţe şi numit director al Institutului de Fizică al Societăţii „împăratul Wilhelm" din Berlin, funcţie pe care o păstrează până în 1933. După publicarea teoriei generale a relativităţii în anii primului război mondial şi confirmarea uneia dintre predicţiile ei de către expediţia astronomică a Societăţii Regale de Ştiinţe din Londra (1919), devine cel mai cunoscut om de ştiinţă al vremii sale. Odată cu instaurarea regimului naţional-socialist, Einstein îşi dă demisia din Academia Prusiana de Ştiinţe şi părăseşte definitiv Germania, stabilindu-se la Princeton, în Statele Unite ale Americii. În ultima parte a vieţii, Einstein este recunoscut nu numai drept cea mai mare autoritate din fizica teoretică, ci şi ca un mare umanist care încorporează în mod exemplar prin acţiunea lui socială şi culturală, prin luările sale de poziţie în problemele vieţii publice spiritul libertăţii, al justiţiei sociale, respectul pentru demnitatea fiinţei umane. Moare la 18 aprilie 1955, la 76 de ani.

Scrierile de interes general ale lui Einstein sunt reunite în două volume: *Mein Weltbild* (1931) şi *Oul ofmy Later Years* (1950). În

1917, Einstein publică prima expunere a teoriei speciale şi generale a relativităţii „pe înţelesul tuturor".

ALBERT EINSTEIN

CUM VĂD EU LUMEA

O ANTOLOGIE
Selecţia textelor
M. FLONTA, I. PÂRVU
Traducere
M. FLONTA, I. PÂRVU, D. STOIANOVICI
Note
M. FLONTA
HUMANITAS
BUCUREŞTI
Coperta colecţiei
IOANA DRAGOMIRESCU MARDARE
Descrierea CIP a Bibliotecii Naţionale a României
EINSTEIN, ALBERT
Cum văd eu lumea / Albert Einstein; trad.: M. Flonta, I. Pârvu, D.
Stoianovici.
— Ed. a 3-a.
— Bucureşti: Humanitas, 2005
ISBN 973 – 50 – 1062 – 3
I. Pârvu, Ilie (trad.)
II. Flonta, Mircea (trad.)
III. Stoianovici, Drăgan (trad.)
530.12
© The Jewish National & University Library
The Hebrew University of Jerusalem
© HUMANITAS, 2005 pentru prezenta, versiune românească
EDITURA HUMANITAS
Piaţa Presei Libere l, 013701 Bucureşti, România tel. 021/317 18 19, fax 021/31718 24
ww w. humanita’s.ro
Comenzi CARTE PRIN POŞTĂ: tel. 021/311 23 30, fax 021/313 50 35, C.P.C.E.
— CP 14, Bucureşti e-mail: cphumanitas.ro ww w. librariilehumanitas.ro
ISBN 973 – 50 – 1062 – 3
fi… i… i.
NOTA TRADUCĂTORILOR

Culegerea de faţă reuneşte texte de interes general scrise de Albert Einstein de-a lungul *a* patru decenii, începând din 1914. Aceste scrieri cuprind expuneri ale ideilor sale ştiinţifice destinate unui public mai larg, gânduri asupra vieţii şi operei unor mari cercetători ai naturii; consideraţii asupra teoriilor fizice fundamentale şi asupra direcţiei dezvoltării viitoare a cunoaşterii fizice, precum şi asupra naturii cunoaşterii ştiinţifice şi a cunoaşterii umane în genere, reflecţii asupra sensului existenţei, asupra problemelor sociale şi morale ale timpului şi luări de poziţie faţă de evoluţii şi evenimente din viaţa politică. Nu în puţine texte se întretaie şi se întrepătrund diferite teme din acest univers problematic asupra cărora Einstein a gândit într-un mod personal întreaga sa viaţă. Ţinând seama de temele dominante, am grupat în mod oarecum convenţional textele în trei mari secţiuni: 1. Cunoaşterea naturii: principii şi evoluţie istorică; 2. Fundamentele fizicii teoretice: teoria relativităţii şi mecanica cuantică; 3. Ştiinţă şi înţelepciune: ce trebuie să facem şi ce putem spera.

Cu o singură excepţie (*Despre metoda fizicii teoretice*), aceste scrieri apar aici pentru prima dată în limba română, în cele mai multe cazuri traducerea a fost realizată după două culegeri, care adună cele mai reprezentative scrieri de interes general din două perioade distincte ale vieţii autorului: *Mein*

Weltbild, Querido Verlag, Amsterdam, 1934 şi *Out ofmy Later Years*, Philosophical Library, New York, 1950. Până în 1933, când părăseşte Europa, Einstein publică, cu rare excepţii, în limba germană. Odată cu strămutarea în Statele Unite multe din scrierile sale apar iniţial în engleză. Totuşi, Einstein rămâne un scriitor de limbă germană. Din relatările secretarei sale, H. Dukas, se ştie că el şi-ar fi scris, până la sfârşitul vieţii, toate lucrările în germană. Traducerea în engleză a fost realizată fie de alte persoane, fie de Einstein asistat de unul sau altul din colaboratorii săi. Einstein însuşi se plângea de calitatea nesatisfăcătoare a unora din traducerile engleze ale

textelor sale. Ţinând seama de această împrejurare, am confruntat traducerea românească a textelor care au fost publicate pentru prima dată în engleză cu textele în limba germană cuprinse în culegerea *Aus meinen späten Jahren*, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, 1984.

Notele de subsol, puţine la număr, din textul lui Einstein, sunt indicate prin asteriscuri şi reproduse în josul paginilor.

Notele destinate informării şi orientării cititorului român sunt indicate prin cifre arabe şi aşezate la sfârşitul fiecărui articol.

Iată o listă completă a textelor, cu indicarea titlului original şi a locului primei ediţii. (Majoritatea informaţiilor îşi au sursa în *Bibliografia scrierilor lui Einstein, 1901 – 1955*, din *Albert Einstein, Philosopher-Scientist*, o lucrare a cărei primă ediţie apare în 1949, sub redacţia lui P.A. Schilpp, în seria *Biblioteca filosofilor în viaţă*.)

Antritstrede in der Preussischen Akademie der Wissenschaften, „Sitzungsberichte", 1914, pp. 739 – 742.

Ernst Mach, „Physikalische Zeitschrift", vol. 17, 1916, pp.

101 – 104.

Prinzipien der Forschung, în voi. Zw *Max Planck 60. Geburtstag*: *Ansprachen in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft*.

Müller, Karlsruhe, pp. 29 – 32.

My Theory, „Times", Londra, 28 nov. 1919, p. 13, tradus după originalul german din *Mein Weltbild* apărut sub titlul

Was ist Relativitatstheorie?

Über die spezielle una die allgemeine Relativitatstheorie – gemeinverständlich, Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig.

1920.

Geometrie una. Erfahrung, Springer Verlag, Berlin, 1921.

Newtons Mechanik una ihr Einfluss auf die Gestaltung aer theoretischen Physik,

„Naturwissenschaften”, vol. 15, 1927, pp. 273 – 276.

Johannes Kepler, „Frankfurter Zeitung”, 9 nov. 1930, p. 16.

Religion und Wissenschaft, „Berliner Tageblatt”, 11 nov. 1930.

Wie Ich die Welt sehe, scris în 1930, publicat sub titlul *What*

I belicve, în *Forum and Century*, vol. 84, Simon and Schuster.

New York, 1931, pp. 193 – 194.

Maxwell's Influence on the Development of the Conception of

Physical Reality, în voi. *James Clerk Maxwell*: *A Commemoration Volume*, Cambridge University Press, Cambridge, 1931, pp. 66 – 73, tradus după originalul german *din Mein Weltbild*.

Epilogue: *A Socratic Dialogue*, *Interlocutors Einstein and Murphy*, în M. Planck, *Where is Science Going*, Norton, New York.

1932, pp. 201 – 213.

Schreiben an die Preussische Akademic der Wissenschaften, *28*.

Mărz 1933, *în Albert Einstein în Berlin 1913 – 1933*, Akademie

Verlag, Berlin, 1979, Dokument Nr. 169.

Schreiben an die Preussische Akademie der Wissenschaften.

5. April 1933, Dokument Nr. 181, în acelaşi volum.

Schreiben an die Preussische Akademie der Wissenschaften.

12. April 1933, Dokument Nr. 186, în acelaşi volum.

On the Method of Teoretical Physics, Clarendon Press, Oxford, 1933.

Science and Civilization, cuvântare ţinută la Londra, publicată sub titlul *Civilization and Science*, „Times”, 4 oct. 1933, p. 14.

Die Religioşitât der Forschung, în *Mein Weltbild*, 1934.

Science and Society, „Science”, Washington, Winter Issue.

1935 – 1936.

Physik und Realitat, „Franklin Institute Journal”, vol. 221.

1936, pp. 313 – 347.

On Education, publicat sub titlul *Some Thoughts concerning Education*, în „School and Society”, vol. 44, 1936, pp.

589 – 592.

Selbstportrat, 1936, publicat în (ed.) C. Fadiman, *I Believe*.

Simon & Schuster, New York, 1939.

The Fundaments of Teoretical Physics, „Science”, vol. 91.

1940, pp. 487 – 492.

7

On Freedom, publicat sub titlul *Freedom and Science*, m (ed.)

R. N. Anshen, *Freedom*: *Its Meaning*, Harcourt Brace and Co.

New York, 1940, pp. 381 – 383.

Science and Religion (I-II), partea întâi este textul unei cuvântări ţinute la seminarul teologic din Princeton (mai 1939), partea a doua apare în *Science*, *Philosophy and Religion*; *a Symposion*, New York, 1941.

The Common Language of Science, înregistrare radiofonică realizată şi difuzată în 1941, publicată în „Advancement of Science”, vol. 2 (nr. 5), 1942, p. 109.

Remarks on Bertrand Russell’s Theory of Knowledge, m (ed.)

P. A. Schilpp, *The Philosophy of Bertrand Russell*, Northwestern University, Evanston, 1944, pp. 277 – 291.

Quantenmechanik una Wirklichkeit, „Dialectica”, vol. 2.

1948, pp. 230 – 234.

Autobiographisches, m (ed.) P.A. Schilpp, *Albert Einstein*:

Philosopher-Scientist, Open Court, La Salle, Illinois, 1949.

Bemerkungen zu den în diesem Bande vereinigten Arbeiten, ediţia germană a aceluiaşi volum sub titlul *Albert Einstein als Philosoph und Naturforscher*, W. Kohihammer Verlag, Stuttgart.

1955.

Why Socialism? „Monthly Review", New York, vol. I, mai

1949, pp. 9 – 15.

The Laws of Science and the Laws of Ethics, m (ed.) Ph. Frank.

Relativity – A Richer Truth, Beacon Press, Boston, 1950.

Einleitende Bemerkungen über Grundbegrijfe, în Louis de Broglie. Physicien ei penseur, A. Michel, Paris, 1953.

Autoportret

Noi nu ştim ce e esenţial în propria noastră existenţă personală, iar altcuiva nu trebuie să-i pese de ea. Ce ştie un peşte despre apa în care înoată întreaga lui viaţă?

Ce a fost amar şi dulce a venit din afară, ce a fost greu dinăuntru, din străduinţa proprie. Am făcut, în principal, ceea ce firea m-a îndemnat să fac. A fost penibil să primesc pentru asta atât de multă preţuire şi dragoste. Şi săgeţi ale urii au fost ţintite spre mine:

ele nu m-au atins însă nicicând, deoarece veneau oarecum dintr-o altă lume, iar cu aceasta nu am nicio legătură.

Trăiesc într-o singurătate care e dureroasă în tinereţe, dar minunată în anii maturităţii.

I

CUNOAŞTEREA NATURII:
PRINCIPII ŞI EVOLUŢIE ISTORICĂ
DISCURS DE RECEPŢIE
LA ACADEMIA PRUSACĂ DE ŞTIINŢE

Mult stimaţi colegi.

Primiţi mai întâi mulţumirile mele profunde pentru

fapta dumneavoastră bună, cea mai mare binefacere de care se poate bucura un om ca mine. Invitându-mă în Academia dumneavoastră, mi-aţi oferit posibilitatea să mă dedic cu totul cercetărilor ştiinţifice, eliberat de agitaţia şi grijile unei profesiuni practice. Vă rog să rămâneţi convinşi de sentimentele mele de recunoştinţă şi de sârguinţa strădaniilor mele, chiar şi atunci când roadele eforturilor mele vi se vor părea sărăcăcioase.

Îngăduiţi-mi să adaug la toate acestea câteva observaţii generale cu privire la locul pe care îl ocupă domeniul meu de activitate, fizica teoretică, în raport cu fizica experimentală.

Un prieten matematician îmi spunea deunăzi jumătate în glumă, jumătate în serios: „Matematicianul ştie desigur ceva, dar, fără îndoială, nu ştie tocmai ceea ce i se cere în momentul respectiv". Exact la fel stau lucrurile cu fizicianul teoretician atunci când este solicitat de fizicianul experimentator. De unde vine această curioasă lipsă a capacităţii de adaptare?

Metoda teoreticianului e legată de faptul că el are nevoie de presupuneri generale, numite *principii*, din care sunt deduse consecinţe. Aşadar, activitatea sa are două aspecte, în primul rând, el trebuie să caute aceste principii şi, în al doilea rând, să deducă consecinţele ce decurg din principii. Pentru îndeplinirea celei de-a doua dintre sarcinile numite, el primeşte în şcoală un echipament potrivit. Dacă prima dintre sarcinile sale este deja îndeplinită într-un anumit domeniu, adică pentru un complex de corelaţii, succesul nu-l va

ocoli de câte ori silinţa şi raţiunea vor fi îndestulătoare. Prima dintre sarcinile numite/ anume aceea de a căuta principiile ce urmează să servească drept bază a deducţiei, este de cu totul alt fel. Aici nu mai există o metodă ce poate fi învăţată şi aplicată sistematic, o metodă care conduce la ţel. Cercetătorul trebuie mai degrabă să fure oarecum naturii acele principii generale ce pot fi stabilite în mod precis, în măsura în care el

desluşeşte anumite trăsături generale în complexe mai mari de fapte ale experienţei.

Odată ce această formulare a fost înfăptuită, începe dezvoltarea consecinţelor care furnizează adesea corelaţii nebănuite, ce depăşesc cu mult domeniul de fapte luat în considerare când au fost formulate principiile. Dar atâta timp cât principiile ce servesc drept bază a deducţiei nu au fost încă găsite, teoreticianului nu-i foloseşte faptul experimental singular; el nu poate să facă nimic nici măcar cu regularităţi mai generale descoperite empiric. El trebuie mai degrabă să rămână într-o stare de neputinţă în faţa rezultatelor cercetării empirice până când ajunge în posesia principiilor care pot forma baza unor dezvoltări deductive.1

Aceasta este situaţia în care se află astăzi teoria în raport cu legile radiaţiei termice şi ale mişcării moleculare la temperaturi joase. Până acum vreo cincisprezece ani nu se punea încă la îndoială posibilitatea unei reprezentări corecte a proprietăţilor electrice, optice şi termice ale corpurilor pe baza mecanicii galileo-newtoniene aplicate mişcărilor moleculare şi a teoriei maxwelliene a câmpului electromagnetic. Atunci

Planck a arătat că, pentru formularea unei legi a radiaţiei termice care să fie în acord cu experienţa, trebuie să ne folosim de o metodă de calcul a cărei incompatibilitate cu principiile mecanicii clasice a devenit tot mai clară. Cu această metodă de calcul, Planck a introdus aşa-numita ipoteză a cuantelor în fizică, ce a cunoscut de atunci confirmări strălucite. Cu această ipoteză a cuantelor el a răsturnat mecanica clasică pentru cazul în care mase destul de mici, cu viteze destul de mici, sunt mişcate cu acceleraţii destul de mari, astfel încât astăzi putem considera legile de mişcare formulate de Galilei şi Newton drept valabile numai ca legi limită (*Grenzgesetze*).*2 Dar*, în ciuda străduinţelor pline *de* zel ale

teoreticienilor, nu s-a izbutit până acum să se

înlocuiască principiile mecanicii prin principii ce sunt în acord cu legea radiaţiei termice a lui Planck, adică cu ipoteza cuantelor. Deşi reducerea căldurii la mişcarea moleculară a fost dovedită în mod neîndoielnic, trebuie şi astăzi să mărturisim că ne aflăm în faţa legilor fundamentale ale acestei mişcări într-un mod asemănător cu felul în care se aflau astronomii dinaintea lui

Newton în faţa mişcărilor planetelor.3

M-am referit la un complex de fapte pentru a căror tratare teoretică lipsesc principiile. Se poate însă la fel de bine ca principii clar formulate să ducă la consecinţe ce ies cu totul sau aproape cu totul din cadrul domeniului de fapte accesibil astăzi experienţei noastre, în aceste cazuri se poate să fie necesară o muncă de cercetare empirică îndelungată pentru a afla dacă principiile teoriei corespund sau nu realităţii.4

Teoria relativităţii ne oferă un asemenea caz.5

O analiză a conceptelor fundamentale de timp şi spaţiu ne-a arătat că enunţul constanţei vitezei luminii în vid, ce rezultă din optica corpurilor în mişcare, nu ne constrânge câtuşi de puţin să acceptăm teoria unui eter luminos imobil. Mai degrabă se poate formula o teorie generală ce ţine seama de împrejurarea că noi nu înregistrăm câtuşi de puţin mişcarea de translaţie a Pământului în experimentele realizate pe Pământ, în acest caz aplicăm principiul relativităţii care sună astfel: forma legilor naturii nu se schimbă când se trece de la sistemul de coordonate iniţial (recunoscut ca legitim) la unul nou, ce se află într-o mişcare de translaţie uniformă faţă de primul. Această teorie a primit confirmări empirice ce merită amintite şi a condus la o simplificare a descrierii teoretice a complexului de fapte care erau puse deja în relaţie.

Pe de altă parte, această teorie nu oferă din punct de vedere teoretic o satisfacţie deplină, deoarece principiul relativităţii formulat mai înainte privilegiază mişcarea uniformă.

Dacă este adevărat că nu suntem îndreptăţiţi să

acordăm mişcării *uniforme* o semnificaţie absolută din punct de vedere fizic, atunci se pune în mod firesc întrebarea dacă acest enunţ nu ar trebui extins asupra mişcărilor neuniforme. S-a arătat că, dacă se pune la bază un principiu al relativităţii în acest sens extins, se ajunge la o extindere bine determinată

15

a teoriei relativităţii, în felul acesta suntem conduşi la o teorie generală a gravitaţiei care include dinamica. Deocamdată însă lipseşte materialul faptic cu ajutorul căruia am putea verifica justeţea introducerii acestui principiu de bază.

Am constatat că fizica inductivă pune întrebări celei deductive, iar cea deductivă celei inductive şi că răspunsul la ele cere încordarea tuturor forţelor. Fie ca, prin muncă unită, să izbutim cât mai repede să înaintăm spre progrese definitive.

NOTE

1. În acest text este formulată dar, poate pentru prima dată, ideea de bază pe care se sprijină modelul ipotetic-deductiv al ştiinţei teoretice. Activitatea omului de ştiinţă teoretică cuprinde două părţi principale: formularea principiilor teoriei şi deducerea unor consecinţe empirice din aceste principii. Prima dintre ele este caracterizată drept o activitate pur imaginativă: principiile teoretice sunt o creaţie liberă *a* închipuirii omului de ştiinţă. Valoarea şi utilitatea lor pot fi determinate însă numai prin compararea consecinţelor derivate din ele cu datele experienţei. Deducerea consecinţelor empirice din principiile teoretice este, spre deosebire de formularea principiilor, o activitate sistematică în care cercetătorul aplică metode ce pot fi învăţate. Logicieni ai ştiinţei ca R. Carnap, C. G.

Hempel sau K.R. Popper, care au elaborat modelul ipotetic-deductiv al structurii ştiinţei teoretice, se sprijină pe distincţia formulată aici de Einstein. Activitatea omului de ştiinţă teoretică, afirmă

Popper, are două părţi: formularea teoriilor şi

supunerea lor controlului experienţei. „O analiză logică a primei părţi a acestei activităţi, inventarea teoriilor, nu mi se pare nici posibilă, nici necesară, întrebarea cum se întâmplă ca să-i vină cuiva o idee nouă – fie o temă muzicală, fie un conflict dramatic sau o teorie ştiinţifică – interesează psihologia empirică şi nu logica cunoaşterii”. (K. R.

Popper, *Logica cercetării*, Editura Ştiinţifică şi Enciclopedică, 1981, p. 76.) Iată şi exprimările foarte semnificative ale lui Carnap dintr-o lucrare bazată pe seminarul său de filosofie a ştiinţelor naturii de la Universitatea din Chicago, din 1946: „Cum putem să descoperim legi teoretice? Nu putem să spunem: «Vom aduna tot mai multe date şi vom generaliza dincolo de legile empirice, până vom ajunge la legi teoretice.» Niciodată nu a fost găsită o lege teoretică pe o asemenea cale… o teorie trebuie să ia naştere pe o altă cale. Ea este formulată nu ca generalizare a faptelor, ci ca ipoteză. Ipoteza este

16

!: i apoi testată într-un fel care este într-o anumită privinţă analog cu testarea legilor empirice. Din ipoteză se derivă legi empirice, iar aceste legi empirice sunt la rândul lor testate prin observaţii asupra faptelor”. (R. Carnap, *Einfuhrung in die Philosophie aer Naturwissensdiaft*.

Nynphenburger Verlagshandlung, München, 1969, p. 230.)

2. Afirmaţia lui Einstein că ipoteza cuantelor „a răsturnat mecanica clasică” trebuie înţeleasă în sensul că, în acel domeniu de cercetare care a fost deschis prin studiile lui Planck asupra radiaţiei termice, consecinţele deduse din mecanica clasică nu pot fi puse de acord cu datele experienţei. Cu alte cuvinte, descoperirea lui Planck a oferit indicaţii cu privire la limitele aplicării legilor mecanicii clasice. Aceste legi sunt numite „legi limită” în sensul că nu pot fi aplicate cu succes decât într-un domeniu limitat al experienţei fizice.

3. Este interesant că Einstein subliniază aici

necesitatea formulării unor noi legi ale mişcării pentru elementele constitutive de bază ale substanţei materiale cunoscute în acea vreme. Deşi depăşise deja perioada cea mai fertilă a activităţii sale ştiinţifice, Einstein nu adoptă o atitudine propriu-zis conservatoare. Opoziţia lui ireductibilă de mai târziu faţă de acceptarea a ceea ce numea „teoria statistică a cuantelor" pornea de la respingerea supoziţiei adoptate de interpretarea general acceptată, interpretarea şcolii de la Copenhaga, şi anume că teoria oferă o descriere completă a stărilor fizice reale. Einstein respingea această supoziţie care era în contradicţie cu idealul său ştiinţific. Nu era vorba aşadar de *conservatorism* în sensul obişnuit al cuvântului.

4. Formulări cum sunt „corespondenţa sau acordul cu realitatea a principiilor teoriei" şi „acordul cu datele experienţei al principiilor teoriei" sunt folosite adesea de fizician ca expresii echivalente.

Acesta pare să fie cazul şi în acest pasaj.

5. Ca şi în alte texte scrise ulterior, Einstein descrie aici teoria restrânsă şi generală a relativităţii drept extinderi ale principiului relativităţii din fizica clasică. Aceste extinderi au fost realizate prin eforturi teoretice inventive, creatoare, în care rolul hotărâtor îl joacă consideraţii de natură matematică, în *Despre metoda fizicii teoretice*, un text scris peste aproximativ douăzeci de ani, Einstein se va exprima astfel în această privinţă: „Experienţa ne poate sugera bineînţeles conceptele matematice necesare: dar acestea nu pot fi deduse din ea. Experienţa rămâne, desigur, singurul criteriu al utilităţii unei construcţii matematice pentru fizică. Principiul propriu-zis creator se află însă în matematică, într-un anumit sens, consider aşadar adevărat faptul că gândirea pură poate să cuprindă realul, aşa cum visau anticii".

17

ERNST MACH

În aceste zile a plecat dintre noi *Ernst Mach*, un om cu o mare înrâurire asupra orientării epistemologice a cercetătorilor naturii din vremea noastră, un om cu o

gândire extrem de independentă. Era în aşa măsură stăpânit de plăcerea directă de a vedea şi de a înţelege, de acel *amor dei intellectualis* al lui Spinoza, încât, până la o vârstă înaintată, a privit lumea cu ochi curioşi de copil pentru a se bucura dezinteresat de înţelegerea corelaţiilor.

Cum ajunge însă un cercetător al naturii cu adevărat înzestrat să se intereseze de teoria cunoaşterii? Nu există oare în domeniul său de activitate ceva mai important de făcut?

Astfel îi aud uneori vorbind pe unii dintre colegii mei de breaslă şi mai mulţi sunt cei pe care îi simt că gândesc aşa.

Eu nu pot să împărtăşesc acest fel de a gândi. Când mă gândesc la cei mai capabili studenţi pe care i-am întâlnit eu ca profesor, adică la aceia care s-au evidenţiat prin independenţa judecăţii lor şi nu prin iscusinţă, constat că se preocupau în modul cel mai activ de teoria cunoaşterii. Ei discutau cu plăcere despre ţelurile şi metodele ştiinţei şi, prin îndârjirea cu care îşi apărau părerile, arătau fără putinţă de tăgadă că subiectul li se părea important. Acest fapt nu trebuie să ne surprindă.

Dacă mă dedic unei ştiinţe nu din raţiuni exterioare, cum ar fi câştigul material, ambiţia şi, de asemenea nu, sau nu exclusiv, pentru satisfacţia sportivă, pentru plăcerea gimnasticii creierului, atunci trebuie, ca învăţăcel al acestei ştiinţe, să mă intereseze în mod arzător întrebarea: Ce ţel vrea şi poate să atingă ştiinţa căreia mă dedic? în ce măsură rezulta

tele ei generale sunt „adevărate”? Ce este esenţial în ea şi ce ţine doar de aspecte contingente ale dezvoltării?

Pentru a omagia meritul lui Mach nu avem voie să ocolim întrebarea: Ce a adus nou reflecţia lui Mach asupra acestor probleme generale, ceva ce nu i-a trecut prin cap nici unui om înaintea lui? Adevărul în aceste lucruri trebuie dăltuit întotdeauna, mereu şi mereu, de naturi puternice, întotdeauna potrivit nevoilor timpului pentru care lucrează sculptorul; dacă nu este întotdeauna produs

din nou, el se pierde. De aceea este greu, şi nu atât de esenţial, să răspundem la întrebările: „Ce ne-a învăţat principial nou Mach, în raport cu ceea ce ştim de la Bacon şi Hume?" „Ce îl distinge în mod esenţial de Stuart Mill, Kirc Hhoff, Hertz, Helmholtz în ceea ce priveşte punctul de vedere epistemologic general faţă de ştiinţele particulare?" 1 Fapt este că, prin scrierile sale istorico-critice, în care urmăreşte cu atâta dragoste dezvoltarea ştiinţelor particulare şi-i iscodeşte pe cercetătorii deschizători de drumuri până în intimităţile creierului lor, Mach a avut o mare influenţă asupra generaţiei noastre de cercetători ai naturii. Ba, mai mult, cred că nici cei care se socot adversari ai lui Mach nu-şi dau seama cât au absorbit din modul machist de a vedea lucrurile, pentru a spune aşa, odată cu laptele mamei.

După Mach, ştiinţa nu este altceva decât comparare şi ordonare a conţinuturilor de conştiinţă ce ne sunt date de fapt, potrivit anumitor puncte de vedere şi metode probate de noi în timp. Fizica şi psihologia nu se deosebesc deci în ceea ce priveşte obiectul, ci numai din punctul de vedere al ordonării şi corelării materialului. Se pare că cercetarea modului cum s-a realizat în particular această ordine, în ştiinţele pe care le stăpânea, i-a apărut lui Mach drept principala sa sarcină. Ca rezultate ale activităţilor de ordonare apar noţiunile abstracte şi legile (regulile) corelării lor. Amândouă sunt în aşa fel alese încât împreună alcătuiesc o schemă ordonatoare în care se încadrează sigur şi sistematic datele ce urmează a fi ordonate. Potrivit celor spuse, conceptele au sens numai în măsura în care pot fi arătate lucrurile la care se raportează ele, ca şi punctele de vedere după care sunt coordonate cu aceste lucruri (analiza conceptelor).2

19

Însemnătatea unor asemenea spirite ca Mach nu stă câtuşi *de* puţin numai în aceea că au satisfăcut anumite nevoi filosofice ale timpului, pe care specialistul nărăvit le-ar putea califica drept un lux. Noţiunile care s-au dovedit folositoare în ordonarea lucrurilor ajung cu uşurinţă să

aibă asupra noastră o asemenea autoritate încât uităm de originea lor pământească şi le luăm ca date imuabile. Ele vor fi calificate apoi drept „necesităţi ale gândirii”, „date *a priori*” şi aşa mai departe. Asemenea greşeli barează adesea pentru mult timp calea progresului ştiinţific. De aceea nu trebuie câtuşi de puţin să privim ca un joc gratuit exersarea în vederea analizării conceptelor devenite de mult familiare, precum şi a relevării împrejurărilor de care atârnă justificarea şi utilitatea lor, a felului cum au luat naştere în particular din datele experienţei.

Aceasta va face ca autoritatea lor excesivă să fie subminată.

Ele vor fi înlăturate dacă nu-şi vor putea găsi justificarea cu adevărat, vor fi corijate când coordonarea lor cu lucrurile date a devenit prea laxă, înlocuite cu altele dacă poate fi formulat un sistem nou, pe care, din anumite motive, îl preferăm.3

Asemenea analize îi apar de cele mai multe ori omului de ştiinţă specializat, a cărui privire este îndreptată mai mult asupra particularului, de prisos, pretenţioase, uneori chiar ridicole. Situaţia se schimbă însă când una din noţiunile folosite în mod obişnuit este înlocuită cu alta mai precisă, fiindcă dezvoltarea ştiinţei respective o cere. Atunci, cei ce nu folosesc cu precizie propriile noţiuni protestează energic şi se plâng că bunurile cele mai sfinte sunt supuse unei ameninţări revoluţionare, în acest strigăt se amestecă apoi şi glasurile acelor filosofi care cred că nu se pot lipsi de acea noţiune deoarece au aşezat-o în caseta lor a „absolutului”, a „*a* prion-ului” sau a ceva asemănător, fiindcă au proclamat imuabilitatea ei principală.

Cititorul a şi ghicit, desigur, că aici eu fac aluzie cu deosebire la anumite concepte ale teoriei spaţiului şi timpului, ca şi ale mecanicii, care au cunoscut o modificare prin teoria relativităţii. Nimeni nu poate să conteste teoreticienilor cunejaşterii meritul de a fi netezit în această privinţă căile dezvoltării viitoare; despre mine ştiu cel puţin că am fost stimulat în mod deosebit, direct sau indirect, de Hume şi de

Mach.4 Rog cititorul să ia în mână lucrarea lui Mach *Mecanica în dezvoltarea ei* şi să urmărească consideraţiile formulate în capitolul al doilea sub numerele 6 şi 7 (*Opiniile lui Newton despre timp, spaţiu* şi *mişcare* şi *Critica sistematică a argumentelor newtoniene*). Acolo se găsesc gânduri prezentate cu măiestrie, dar departe de a fi devenit bunul comun al fizicienilor.

Aceste părţi atrag în mod special şi datorită faptului că sunt legate de pasaje citate textual din scrierile lui Newton. Iată câteva asemenea delicatese:

Newton: „Timpul absolut, adevărat şi matematic, în sine şi după natura sa curge în mod egal fără nicio legătură cu ceva extern şi cu un alt nume se cheamă şi durată”. „Timpul relativ, absolut şi comun, este acea măsură (precisă şi neegală) sensibilă şi eternă a oricărei durate determinate prin mişcare, care se foloseşte de obicei în loc de timpul adevărat, ca oră, ziuă, lună, an”.

Mach: „... Dacă un lucru *A* se schimbă cu timpul, aceasta nu înseamnă decât că există o dependenţă a condiţiilor unui lucru *A* de condiţiile unui alt lucru *B*. Oscilaţiile unui pendul se produc în timp dacă mişcarea acestuia depinde de poziţia Pământului. Deoarece atunci când observăm pendulul nu trebuie să fim atenţi la dependenţa lui faţă de poziţia Pământului, ci putem să-l comparăm pe acesta cu orice alt lucru... se creează uşor impresia că toate aceste lucruri sunt neesenţiale... Noi nu avem posibilitatea să măsurăm schimbarea lucrurilor prin raportare la timp. Timpul este mai degrabă o abstracţie la care ajungem prin schimbarea lucrurilor, deoarece nu suntem legaţi de o anumită unitate de măsură, toate depinzând unele de altele”.

Newton: „Prin natura sa fără nicio relaţie cu ceva extern, spaţiul absolut rămâne întotdeauna egal cu sine şi imobil”.

„Spaţiul relativ este o măsură sau o parte oarecare mobilă a celui absolut, care se relevă simţurilor noastre prin poziţia sa faţă de corpuri şi de obicei se confundă cu

spaţiul imobil”.

Urmează apoi o definiţie corespunzătoare a conceptelor

„Mişcare absolută” şi „mişcare relativă”. După aceasta:

„Efectele prin care se deosebesc între ele mişcările absolute şi relative sunt forţele cu care corpurile tind să se îndepărteze de axa mişcării circulare, în adevăr, în mişcarea circulară

21

pur relativă aceste forţe sunt nule, însă în mişcarea circulară adevărată şi absolută ele sunt mai mari sau mai mici, după cantitatea de mişcare”. 5

Urmează acum descrierea bine cunoscutului experiment cu vasul ce trebuie să întemeieze intuitiv cea din urmă afirmaţie.6

Critica pe care o face Mach acestui punct de vedere este foarte interesantă; citez din această lucrare câteva pasaje deosebit de pregnante: „Când spunem că un corp *K* îşi schimbă direcţia şi viteza numai sub influenţa unui alt corp *K*, noi nu putem să ajungem câtuşi de puţin la această judecată dacă nu există alte corpuri *A*, *B*, *C*... faţă de care judecăm mişcarea corpului *K*. Noi recunoaştem astfel, de fapt, o relaţie a corpului IC cu *A*, *B*, *C*... Dacă am face abstracţie dintr-odată de *A*, *B*, *C*... şi am vrea să vorbim de comportamentul corpului *K* în spaţiul absolut, atunci am comite o dublă greşeală. Mai întâi, nu am putea şti cum s-ar comporta *K în* absenţa corpurilor *A*, *B*, *C*... *iar*, apoi, ne-ar lipsi orice mijloc de a judeca comportarea corpului *K* şi de a verifica enunţurile noastre, care nu ar mai avea, aşadar, un sens ştiinţific”.

„Mişcarea unui corp *K* poate fi judecată întotdeauna numai prin raportare la alte corpuri *A*, *B*, *C*... Deoarece întotdeauna avem la dispoziţie un număr suficient de corpuri ce stau relativ nemişcate unele faţă de altele sau îşi schimbă poziţia doar lent, noi nu suntem legaţi aici de vreun corp determinat şi putem face abstracţie fie de unul, fie de altul.

Aşa a luat naştere părerea că, în general, existenţa acestor corpuri nu ar conta”.

„Experimentul lui Newton cu vasul de apă ce se roteşte ne învaţă doar că rotaţia relativă a apei faţă de pereţii vasului nu provoacă forţe centrifuge notabile, dar că acestea sunt provocate de rotaţia relativă faţă de masa Pământului şi faţă de celelalte corpuri cereşti. Nimeni nu poate spune cum s-ar desfăşura experimentul dacă pereţii vasului ar fi tot mai groşi şi mai voluminoşi şi, până la urmă, ar atinge o grosime de mai multe mile…”

Rândurile citate arată că Mach a recunoscut în mod clar părţile slabe ale mecanicii clasice7 şi nu a fost prea departe

de a pretinde o teorie generală a relativităţii, şi aceasta încă acum aproape o jumătate de secol! Nu este improbabil că

Mach ar fi ajuns la teoria relativităţii, dacă, pe vremea când spiritul său mai avea încă prospeţimea tinereţii, întrebarea cu privire la însemnătatea constanţei vitezei luminii i-ar fi preocupat pe fizicieni, în lipsa acestui impuls ce derivă din electrodinamica Maxwell-Lorentz, exigenţa critică a lui Mach nu a fost suficientă pentru a trezi sentimentul necesităţii unei definiţii a simultaneităţii evenimentelor separate spaţial.

Reflecţiile asupra experimentului lui Newton cu vasul arată cât de aproape de spiritul său a fost revendicarea relativităţii în sens mai general (relativitatea acceleraţiilor). Bineînţeles că aici lipseşte conştiinţa vie a faptului că egalitatea masei inerte şi grele a corpurilor cere un postulat al relativităţii într-un sens mai larg, în măsura în care noi nu suntem în stare să decidem prin experiment dacă căderea corpurilor faţă de un sistem de coordonate trebuie atribuită existenţei unui câmp gravitaţional sau stării de acceleraţie a sistemului de coordonate.

Potrivit evoluţiei sale spirituale, Mach nu a fost un filosof care şi-a ales ca obiect al speculaţiilor sale ştiinţele

naturii, ci un cercetător cu interese largi, harnic, pentru care investigaţia dincolo de problemele de detaliu, situate în centrul interesului general, constituia în mod vizibil o delectare.8 Dovadă stau nenumăratele lui cercetări particulare în domeniul fizicii şi al psihologiei empirice, pe care le-a publicat în parte singur, în parte împreună cu elevii săi. Dintre cercetările sale în fizică, experimentele cele mai cunoscute sunt cele asupra undelor sonore generate de proiectile. Chiar dacă ideea de bază aplicată aici nu a fost principial nouă, aceste cercetări au relevat totuşi un talent experimental neobişnuit. El a izbutit să înregistreze fotografic distribuţia densităţii aerului în apropierea unui proiectil cu o viteză mai mare decât cea a sunetului şi să arunce astfel o lumină asupra unui gen de fenomene acustice despre care până la el nu se ştia nimic. Expunerea lui populară asupra acestor cercetări va bucura pe orice om care poate găsi plăcere în probleme de fizică.

23

Cercetările filosofice ale lui Mach au izvorât exclusiv din dorinţa de a ajunge la un punct de vedere din care diferitele discipline ştiinţifice, cărora le-a consacrat munca sa de o viaţă, pot să fie concepute drept contribuţii la realizarea unui ţel comun. El concepe întreaga ştiinţă ca năzuinţă spre ordonarea experienţelor elementare separate, pe care le-a desemnat ca „senzaţii”. Expresia respectivă a făcut posibil ca acest gânditor sobru şi precaut să fie adeseori socotit drept un filosof idealist şi solipsist de către cei care nu s-au ocupat îndeaproape de lucrările sale.

Citind lucrările lui Mach, împărtăşeşti plăcerea pe care trebuie s-o fi simţit autorul atunci când şi-a aşternut pe hârtie propoziţiile sale pregnante şi precise. Dar nu numai delectarea intelectuală şi satisfacţia produsă de un stil frumos fac atât de atrăgătoare lectura cărţilor sale, ci şi bunătatea, omenia şi optimismul care sclipesc adesea printre rândurile sale atunci când vorbeşte despre probleme omeneşti de interes general. Acest fel de a fi l-a ferit şi de boala epocii, care astăzi doar pe puţini i-a ocolit,

şi anume fanatismul naţional, în articolul său de popularizare „Despre fenomene produse la proiectilele ce zboară” el nu s-a putut abţine să dea expresie, în ultimul alineat, speranţei sale de realizare a înţelegerii între popoare.

NOTE

1. Asemenea remarci merită toată atenţia. Ele sugerează că Einstein vede însemnătatea lui Mach nu atât în activitatea lui de teoretician al cunoaşterii ştiinţifice, cât mai degrabă în cea de critic al ştiinţei timpului său. Mach a contribuit mai mult ca oricare altul din generaţia sa, îndeosebi prin lucrările sale istorice, la încurajarea unui examen critic al fundamentelor cunoaşterii fizice. Einstein vorbeşte aici ca unul ce a resimţit în mod fericit puterea stimulatoare a cercetărilor istorico-critice întreprinse de Mach, fără să-şi fi însuşit însă pur şi simplu punctul de vedere al fizicianului austriac cu privire la direcţiile în care ar trebui orientată cercetarea fizică. Einstein lasă să se înţeleagă că vede influenţa lui Mach nu în primul rând în ceea ce a spus acesta despre natura cunoaşterii omeneşti în genere, în răspunsurile pe care le-a dat unor inte

rogaţii filosofice cu o lungă tradiţie, ci în reflecţiile sale critice asupra dezvoltării cunoaşterii fizice moderne de felul celor cuprinse în cunoscuta sa lucrare asupra istoriei mecanicii. Creatorul teoriei relativităţii a beneficiat de acţiunea eliberatoare a analizelor istorico-critice ale lui Mach într-o epocă în care dominau autoritar convingerile dogmatice cu privire la fundamentele ştiinţelor naturii, în anii săi de mai târziu, Einstein a exprimat mai clar şi mai net temeiurile atitudinii sale bivalente faţă de concepţiile lui Mach. În *Notele autobiografice*, scrise în 1947, întâlnim o formulare deosebit de concisă şi de concludentă: „Eu văd măreţia reală a lui Mach în scepticismul şi independenţa lui incomparabile; în tinereţe m-a impresionat puternic şi poziţia epistemologică a lui

Mach care îmi apare astăzi ca fiind în principiu de nesusfânut”.

2. Aşa cum reiese din acest pasaj, punctul de vedere al lui Mach era un punct de vedere empirist deosebit de radical. Aşa cum s-a subliniat adesea, Einstein a exploatat în unele cercetări ştiinţifice din tinereţe valoarea euristică a acestui punct de vedere, de pildă în analiza critică a conceptului simultaneităţii, întrebarea „în ce constă simultaneitatea evenimentelor?" a fost reformulată astfel: „cum putem determina operaţional simultaneitatea a doua evenimente?" Einstein nu a lucrat însă niciodată conducându-se după principiul machist potrivit căruia „conceptele au sens numai în măsura în care pot fi arătate lucrurile la care se raportează ele". Fără îndoială că dacă ar fi urmat în mod strict un asemenea principiu Einstein nu ar fi putut formula teoria relativităţii şi alte idei care i-au asigurat un loc unic în creaţia ştiinţifică a secolului nostru. Mach însuşi pare să fi înţeles clar incompatibilitatea dintre principiile sale epistemologice şi construcţiile teoretice einsteiniene. Judecata negativă a lui Mach asupra teoriei relativităţii, formulată fără echivoc într-o prefaţă scrisă în 1913 la cartea sa *Principiile opticii* (cartea apare abia în 1921, după moartea lui Mach), poate fi interpretată în acest fel. În această privinţă, vezi, bunăoară, G. Holton, *Unde este realitatea*? *Răspunsurile lui Einstein*, în *Ştiinţă şi sinteză*, Editura Politică, Bucureşti, 1969, îndeosebi pp. 116 – 117.

3. Einstein lasă clar să se înţeleagă că lectura lucrărilor lui Mach poate da noi impulsuri gândirii ştiinţifice creatoare în măsura în care uşurează o distanţare critică de concepte şi principii adânc înrădăcinate, a căror autoritate se întemeiază pe obişnuinţă şi nu are o justificare superioară, cum s-a crezut adesea. Cele mai multe din pronunţările asupra lui Mach din anii mai târzii ai lui Einstein, pronunţări în care judecata negativă asupra concepţiei machiste a cunoaşterii ştiinţifice este formulată fără echivoc, dar se subliniază, totodată, influenţa pozitivă pe care a avut-o contactul în tinereţe cu

scrierile lui Mach, pot fi mai bine înţelese din această perspectivă.

Cel mai clar şi mai larg s-a exprimat Einstein cu privire la ceea ce îi datorează lui Mach, în ciuda dezacordului lor principial, pe plan epistemologic, într-o scrisoare din 6 ianuarie 1948, adresată prietenului său din tinereţe M. Besso: „În ceea ce-l priveşte pe Mach, trebuie să fac distincţia dintre influenţa lui în general şi efectul pe care l-a produs asupra *mea*. Mach a realizat importante cercetări speciale (de exemplu, descoperirea undelor de şoc, care este bazată pe o metodă optică într-adevăr genială). Totuşi, nu vreau să vorbim de aceasta, ci de influenţa lui asupra atitudinii generale faţă de fundamentele fizicii. Marele său merit este de a fi înmlădiat dogmatismul ce domnea în secolele al XVIII-lea şi al XIX-lea în ceea ce priveşte fundamentele fizicii. El a încercat să arate, îndeosebi în mecanică şi în teoria căldurii, cum s-au născut noţiunile din experienţă. El a apărat cu convingere punctul de vedere potrivit căruia noţiunile – să le considerăm pe cele fundamentale – nu-şi trag justificarea decât din experienţă şi nu sunt în niciun fel necesare din punct de vedere logic. Acţiunea lui a fost deosebit de binefăcătoare când a arătat în mod clar că problemele fizice cele mai importante nu sunt de natură matematico-deductivă; cele mai importante sunt cele ce se raportează la principii de bază. Slăbiciunea lui o văd în faptul că el credea mai mult sau mai puţin că ştiinţa constă numai în ordonarea materialului experimental, adică în faptul că a tăgăduit elementul constructiv liber ce intervine în elaborarea unei noţiuni. El gândea într-un fel că teoriile sunt rezultatul unei *descrieri*, şi nu al unei *invenţii*. El mergea chiar atât de departe încât considera «senzaţiile» nu numai ca un material de conceptualizat, ci, de asemenea, într-o anumită măsură ca materialele de construcţie ale lumii reale; el credea că va putea umple astfel prăpastia ce există între psihologie şi fizică. Dacă ar fi fost pe de-a întregul consecvent, el nu ar fi trebuit să respingă doar atomismul, ci şi ideea unei realităţi fizice.

Cât despre influenţa lui Mach asupra evoluţiei gândirii mele, ea a fost în mod sigur foarte mare. Îmi amintesc foarte bine că tu m-ai făcut atent asupra tratatului său de mecanică şi asupra teoriei sale despre căldură în primii ani ai studiilor mele şi că aceste două lucrări mi-au făcut o mare impresie. Până la ce punct au acţionat ele asupra propriei mele munci nu-mi pot da seama clar, pentru a vorbi sincer, atât cât îmi amintesc. D. Hume a avut asupra mea o influenţă directă mai mare. L-am citit la Berna în tovărăşia lui Conrad Habicht şi Solo vine. Dar, cum am spus-o, nu sunt în măsură să analizez ceea ce a rămas ancorat în subconştientul meu". (A. Einstein, M. Besso, *Correspondance*, *1903 – 1955*, Hermann.

Paris, 1979, pp. 230 – 231). Referirea la influenţa lui Hume este în acest

context revelatoare şi pentru natura influenţei pe care a exercitat-o

Mach asupra gândirii lui Einstein. Căci ceea ce a putut reţine cu deosebire Einstein din analizele critice ale lui Hume, îndeosebi din cele consacrate conceptului de cauzalitate, era avertismentul asupra tentaţiei la care suntem supuşi tot timpul de a atribui unor noţiuni care au fost folosite cu succes o perioadă mai lungă de timp şi s-au fixat ca efect al obişnuinţei statutul de „necesităţi ale gândirii", de categorii *a priori*. Chiar şi în rândurile de mai jos ale textului lui Einstein, Mach şi Hume sunt amintiţi împreună ca teoreticieni ai cunoaşterii care au denunţat caracterizarea drept *a priori* sau *logic necesară* a unor noţiuni al căror prestigiu nu s-ar sprijini decât pe obişnuinţe create de o utilizare îndelungată.

4. Fără îndoială că desprinderea de idei atât de adânc înrădăcinate nu numai în tradiţia fizicii clasice, ci şi în gândirea comună, cum sunt ideile spaţiului şi timpului absolut, nu se putea realiza dintr-odată. Cu atât mai puţin putea fi ea realizată doar sub influenţa unor consideraţii critice de principiu, cum au fost cele formulate în lucrările lui Mach. Succesele teoriei relativităţii au avut un rol

determinant în înfăptuirea acestei schimbări profunde în gândirea fizică.

5. Pasajele citate de Mach din cartea lui I. Newton *Principiile matematice ale filosofiei naturale* au fost reproduse după traducerea în limba română realizată de Victor Marian, Editura Academiei.

Bucureşti, 1956.

6. În traducerea românească, descrierea acestui experiment se găseşte la paginile 33 – 34.

7. Einstein nu are în vedere, desigur, legile mecanicii, ci supoziţiile filosofice, reprezentarea despre natură pe care se sprijină noţiuni fundamentale ale mecanicii newtoniene cum sunt cele de timp şi spaţiu. Din acest pasaj, ca şi din alte pasaje risipite în scrierile sale, reiese clar că pentru Einstein teoria relativităţii reprezintă o revizuire a unor concepte ale cinematicii şi dinamicii clasice şi, prin urmare, a concepţiei despre natură care a dominat secolele al XVIII-lea şi al XIX-lea. Înclinaţia adesea spontană a lui Einstein spre o interpretare realistă a semnificaţiei teoriilor fizice fundamentale iese mai clar în evidenţă dacă o comparăm cu punctul de vedere al altor mari fizicieni creatori ai secolului nostru. Vezi în această privinţă şi nota

8 la textul *Observaţii asupra articolelor reunite în acest volum*.

8. Este uşor de văzut că Einstein relevă în preocupările lui Mach ceea ce îi este apropiat, în acest caz interesul pentru probleme de principiu. Acest interes trebuie admirat cu deosebire la un om de ştiinţă foarte înzestrat pentru cercetarea experimentală. Einstein subliniază deosebirea dintre cercetările de fundamente cultivate de

Mach şi cercetările tehnice într-un cadru dat, considerat ca asigurat, cercetări ce constituie îndeletnicirea imensei majorităţi a oamenilor de ştiinţă. El nu va putea, desigur, trece cu vederea că elaborarea teoriei relativităţii a fost impulsionată în mod hotărâtor de

interesul pentru cercetarea critică a fundamentelor, un interes care a fost cu totul caracteristic pentru multe din investigaţiile întreprinse de

Mach. Einstein îl omagiază pe Mach ca pe un cercetător cu asemenea interese. Pasaje semnificative din acest text, ca şi din alte texte filosofice ale lui Einstein, pot fi citite drept un elogiu a ceea ce Popper va caracteriza mai târziu ca „ştiinţă eroică”.

PRINCIPIILE CERCETĂRII

Discurs la cea de-a 60-a aniversare a lui Max Planck în cadrul Societăţii de fizică din Berlin

Un edificiu multiform – acesta este templul ştiinţei. Cu totul diferiţi sunt oamenii care îi trec pragul, şi diferite sunt forţele sufleteşti care i-au condus spre templu. Câte unul se îndeletniceşte cu ştiinţa având sentimentul plăcut al capacităţii sale intelectuale superioare; pentru el ştiinţa este exerciţiul potrivit care va trebui să-l ajute să trăiască intens şi să-şi satisfacă ambiţia; în templu pot fi găsiţi de asemenea mulţi care îşi aduc aici ofranda din substanţa creierului lor doar pentru ţeluri utilitare. Dacă ar veni acum un înger al Domnului şi i-ar alunga din templu pe toţi cei ce fac parte din aceste două categorii, templul s-ar goli într-un mod îngrijorător. Ar mai rămâne totuşi în templu oameni din zilele noastre, ca şi din vremurile mai vechi. Printre aceştia este şi Planck al nostru şi de aceea îl iubim.

Ştiu prea bine că noi am alungat cu inimă uşoară şi mulţi oameni de valoare care au clădit în mare parte, poate în cea mai mare parte, templul ştiinţei; în privinţa multora dintre ei îngerului nostru i-ar fi greu să se hotărască. Un lucru mi se pare însă sigur: dacă nu ar fi existat decât oameni de tipul celor alungaţi, atunci templul nu ar fi putut fi înălţat, după cum nu poate creşte o pădure în care nu întâlneşti decât plante agăţătoare. Pentru aceşti oameni orice câmp de activitate este la fel de bun; atârnă de împrejurări exterioare dacă ei devin ingineri, ofiţeri, comercianţi sau oameni de ştiinţă. Să ne întoarcem însă din nou privirea spre cei ce au găsit îndurare din partea îngerului! Ei sunt, de cele mai multe ori, inşi ciudaţi,

retraşi şi singuratici, care, dincolo de aceste apropieri, sunt, de fapt, mai puţin asemănători decât cei

din ceata celor alungaţi. Ce i-a adus oare în templu? Răspunsul nu este uşor de dat şi nu poate fi, desigur, acelaşi pentru toţi. Mai întâi, cred, împreună cu Schopenhauer, că unul din cele mai puternice motive ce conduc la artă şi ştiinţă este evadarea din viaţa de toate zilele cu asprimea ei dureroasă şi pustiul ei dezolant, din cătuşele propriilor dorinţe veşnic schimbătoare. Toate acestea îl alungă pe omul sensibil din existenta personală în lumea contemplării obiective şi a înţelegerii; este un motiv comparabil cu nostalgia ce îl împinge pe orăşean, fără putinţă de împotrivire, din ambianţa sa zgomotoasă şi lipsită de perspectivă spre ţinuturile liniştite ale munţilor înalţi unde privirea se pierde în depărtări prin aerul liniştit şi pur şi se animă de contururi odihnitoare create, parcă, de eternitate. Acestui motiv negativ i se alătură însă unul pozitiv. Omul încearcă, într-un fel care să i se potrivească oarecum, să-şi creeze o imagine a lumii simplificată şi sistematică şi să treacă astfel dincolo de lumea trăirilor, în măsura în care năzuieşte să o înlocuiască, până la un anumit grad, prin această imagine. Este ceea ce face pictorul, poetul, filosoful speculativ şi cercetătorul naturii, fiecare în felul său. El strămută centrul de greutate al vieţii sufleteşti în această imagine şi în alcătuirea ei pentru a căuta astfel liniştea şi statornicia pe care nu le poate găsi în cercul prea strâmt al zbuciumatelor trăiri personale.

Ce loc ocupă imaginea despre lume a fizicianului teoretician între toate aceste imagini posibile ale lumii? Ea cere ca descrierea corelaţiilor să fie de o rigoare şi exactitate maxime pe care doar folosirea limbajului matematic le poate oferi, în schimb, fizicianul trebuie să fie cu atât mai modest în ceea ce priveşte conţinutul, mulţumindu-se să descrie cele mai simple fenomene ce pot fi făcute accesibile simţurilor noastre, în timp ce fenomenele mai complexe nu pot fi reconstituite de spiritul omenesc cu acea subtilă precizie şi consecvenţă pe care le

cere fizicianul teoretician. Cea mai mare puritate, claritate şi siguranţă cu preţul completitudinii. Ce farmec poate însă avea să cuprinzi cu precizie un fragment atât de mic al naturii şi să laşi la o parte, timid şi descurajat, tot ce este mai fin şi mai complex? Merită rezultatul unei în

deletniciri atât de resemnate mândrul nume „imagine a lumii" (*Weltbild*)!

Eu cred că mândrul nume este pe deplin meritat, căci legile universale pe care se sprijină edificiul de idei al fizicii teoretice au pretenţia de a fi valabile pentru orice eveniment din natură. Pornind de la ele ar trebui să fie găsită, pe calea deducţiei pur mintale, imaginea, adică teoria oricărui proces al naturii, inclusiv al fenomenelor vieţii, dacă acest proces de deducţie nu ar depăşi cu mult capacitatea minţii omeneşti.

Renunţarea la completitudinea tabloului fizic al lumii nu este, aşadar, principială.

Cea mai înaltă menire a fizicianului este, prin urmare, căutarea acelor legi elementare, cele mai generale, din care, prin pură deducţie, poate fi dobândită imaginea lumii. La aceste legi elementare nu duce niciun drum logic, ci numai intuiţia ce se sprijină pe cufundarea în experienţă. Dată fiind această nesiguranţă a metodei, am putea crede că ar fi cu putinţă oricât de multe sisteme ale fizicii teoretice, în egală măsură îndreptăţite; această părere este, desigur, chiar şi principial vorbind, întemeiată. Desfăşurarea lucrurilor ne-a arătat însă că, din toate construcţiile ce pot fi gândite, una singură s-a dovedit superioară în raport cu celelalte în momentul respectiv. Niciun om care a aprofundat cu adevărat subiectul nu va tăgădui că lumea percepţiilor determină într-un mod practic univoc sistemul teoretic, deşi niciun drum logic nu duce de la percepţii spre principiile teoriei; este ceea ce Leibniz a numit într-un mod atât de fericit „armonie prestabilită" 1. A nu fi apreciat cum se cuvine această împrejurare este reproşul grav pe care îl fac fizicienii unor teoreticieni ai cunoaşterii. Aici mi se pare că

se află şi rădăcinile polemicii de acum câţiva ani dintre Mach şi Planck.2

Năzuinţa spre contemplarea acelei armonii prestabilite este izvorul nesfârşitei stăruinţe şi răbdări cu care îl vedem pe

Planck dăruindu-se problemelor celor mai generale ale ştiinţei noastre, fără a se lăsa abătut de ţeluri mai rentabile şi mai uşor accesibile.3 Am auzit deseori că tovarăşii de breaslă voiau să explice această purtare printr-o putere a voinţei şi o disciplină ieşite din comun; cu totul pe nedrept, cred eu. Căci starea de spirit care îl face pe un ins în stare de asemenea

31

realizări seamănă cu cea a omului religios sau cu cea a îndrăgostitului; strădania de fiecare zi nu izvorăşte din nicio intenţie şi din niciun program, ci dintr-o nevoie nemijlocită.

Iubitul nostru Planck este în mijlocul nostru şi priveşte cu îngăduinţă jocul meu copilăresc cu lampa lui Diogene. Simpatia pe care i-o purtăm nu are nevoie de nicio întemeiere.

Fie ca iubirea pentru ştiinţă să-i înfrumuseţeze şi în viitor drumul vieţii şi să-l conducă la dezlegarea celei mai importante probleme fizice a prezentului căreia i-a dat un impuls atât de puternic. Să-i reuşească unificarea într-un sistem logic unitar a teoriei cuantice cu electrodinamica şi mecanica! 4

NOTE

1. Einstein schiţează aici, prin câteva reflecţii epistemologice sumare, contururile mari ale concepţiei ipotetic-deductive asupra teoriei ştiinţifice. Această concepţie a fost elaborată sistematic în deceniile următoare de logicienii ştiinţei. Pentru reflecţii asemănătoare vezi

Discurs de recepţie la Academia prusacă de ştiinţe. Pentru dezvoltări vezi şi *Despre metoda fizicii teoretice*.

2. Polemica la care se referă Einstein a început prin publicarea articolului lui M. Planck *Die Einlieit des*

physikalischen Weltbildes (1908).

Răspunsului lui Macii, *Die Leitgedanken meiner naturwissenschaftlichen*

Erkenninislehre una ihre Aufnahme durch die Zeitgenossen (1910), i-a urmat în acelaşi an replica lui Planck, *Zur Machschen Theorie aer physikalischen Erkenninis*. *Eine Erwidening*. Einstein exprimă în acest pasaj în mod clar înţelegere şi sprijin pentru poziţia lui Planck.

În două scrisori adresate lui Mach, prima nedatată, probabil din iarna anilor 1912 – 1913, şi a doua din iunie 1913, Einstein s-a exprimat totuşi altfel în această privinţă. Se pare că în acel moment judecata lui Einstein a fost influenţată hotărâtor de modul cum aprecia poziţiile celor doi fizicieni faţă de proiectul teoriei generale a relativităţii la care lucra. Exprimându-şi satisfacţia pentru interesul lui

Mach faţă de noua sa teorie, Einstein continua astfel în prima sa scrisoare: „Mă bucură în mod deosebit că prin dezvoltarea acestei teorii vor deveni cunoscute profunzimea şi însemnătatea cercetărilor dumneavoastră asupra fundamentelor mecanicii. Nu pot să înţeleg nici astăzi de ce Planck, pe care de altfel am învăţat să-l preţuiesc ca pe nimeni altul, are atât de puţină înţelegere pentru strădaniile dumneavoastră. El are de altfel o atitudine de respingere

32

L

şi faţă de teoria mea. Nu pot să iau aceasta în nume de rău. Căci până acum acel argument epistemologic este singurul lucru pe care aş putea să-l invoc în favoarea noii mele teorii”. (Fr. Herneck, *Einstein und sein Weltbild*, Buchverlag Der Morgen, Berlin, 1976, pp. 140 – 141.) în a doua scrisoare Einstein îi comunica lui Mach că i-a trimis un exemplar al noii sale lucrări despre relativitatea generală. Teoria va putea fi testată experimental cu ocazia eclipsei de soare din 1914.

Dacă rezultatul va fi pozitiv, „genialele dumneavoastră cercetări despre fundamentul mecanicii

vor cunoaşte o strălucită confirmare, în ciuda criticii neîntemeiate a lui Planck" (op. cit., *p*. 143).

3. Vorbind de Planck, Einstein caracterizează în aceste rânduri în mod potrivit şi propria lui situaţie faţă de munca de cercetare ştiinţifică, într-o scrisoare adresată prietenului său din tinereţe M.

Solovine, el observa: „Interesul meu pentru ştiinţă era în fond limitat întotdeauna la studiul principiilor, ceea ce explică cel mai bine întreaga mea comportare. Faptul că am publicat atât de puţin ţine de aceeaşi împrejurare, dat fiind că dorinţa arzătoare de a înţelege principiile a avut drept consecinţă că majoritatea timpului a fost consumată cu eforturi infructuoase". (A. Einstein către M. Solovine la 30 octombrie 1924, în A. Einstein, *Lettres a Maurice Solovine*.

Gauthier Villars, Paris, 1956, p. 49.)

4. Referindu-se la marele său coleg, Einstein dezvăluie şi aici propriile sale preocupări şi năzuinţe. Afirmaţii semnificative în acest sens găsim îndeosebi în *Notele autobiografice*.

GEOMETRIE ŞI EXPERIENŢĂ

Matematica se bucură, faţă de toate celelalte ştiinţe, de un prestigiu aparte dintr-un motiv anume: propoziţiile ei sunt absolut sigure şi neîndoielnice în vreme ce propoziţiile tuturor celorlalte ştiinţe sunt într-o anumită măsură discutabile şi în permanent pericol de a fi răsturnate de fapte nou descoperite. Cu toate acestea, cercetătorul dintr-un alt domeniu nu ar trebui să-l invidieze pe matematician dacă propoziţiile lui s-ar raporta nu la obiecte ale realităţii, ci la cele ale simplei noastre închipuiri. Căci nu trebuie să surprindă că se ajunge la consecinţe logice general acceptate dacă s-a realizat un acord asupra propoziţiilor fundamentale

(axiome), ca şi asupra metodelor prin mijlocirea cărora au fost derivate alte propoziţii din aceste propoziţii fundamentale. Dar acest mare prestigiu al matematicii decurge, pe de altă parte, din faptul că matematica este

aceea care conferă ştiinţelor exacte ale naturii un anumit grad de siguranţă, pe care, fără matematică, nu l-ar fi putut atinge.

În acest punct survine o enigmă care i-a neliniştit în mod deosebit pe cercetătorii din toate timpurile. Cum este oare cu putinţă ca matematica, un produs al gândirii omeneşti independent de orice experienţă, să se potrivească totuşi atât de bine obiectelor realităţii? Poate, aşadar, raţiunea umană să cerceteze însuşiri ale lucrurilor reale prin simplă gândire, fără ajutorul experienţei?

La acestea se poate răspunde, după părerea mea, scurt: în măsura în care propoziţiile matematicii se raportează la realitate, ele nu sunt sigure, iar în măsura în care sunt sigure, ele nu se raportează la realitate. Cred că o deplină claritate în

ceea ce priveşte această situaţie a devenit un bun comun abia prin acea direcţie din matematică cunoscută sub numele de

„Axiomatică”. Progresul realizat prin axiomatică constă în aceea că prin ea logic-formalul a fost despărţit net de conţinutul material sau intuitiv; potrivit axiomaticii, numai logic-i normalul reprezintă obiectul matematicii, şi nu conţinutul intuitiv sau un alt conţinut corelat cu logic-i normalul.

Să considerăm, din acest punct de vedere, o axiomă oarecare a geometriei, bunăoară următoarea: prin două puncte din spaţiu trece întotdeauna o dreaptă şi numai o singură dreaptă. Cum poate fi interpretată această axiomă în sensul mai vechi şi mai nou?

Interpretarea mai veche: Fiecare ştie ce este o dreaptă şi ce este un punct. Dacă această cunoaştere provine din interacţiunea elementului logic-formal şi intuitiv sau din altă sursă, acest lucru nu trebuie să-l decidă matematicianul; el lasă această decizie în seama filosofului. Sprijinită pe această cunoaştere, dată înaintea oricărei matematici, axioma numită, ca şi toate celelalte axiome, este evidentă, adică este expresia unei părţi a

acestei cunoaşteri *a priori*.

Interpretarea mai nouă: Geometria operează cu obiecte desemnate prin cuvintele *dreaptă*, *punct* şi aşa mai departe. Nu se presupune nicio cunoaştere sau intuiţie despre aceste obiecte, ci doar validitatea unei axiome înţelese de asemenea pur formal, adică detaşată de orice conţinut intuitiv şi de trăire. Faţă de un asemenea conţinut, axioma amintită este un exemplu. Aceste axiome sunt creaţii libere ale spiritului uman. Toate celelalte propoziţii geometrice sunt consecinţe logice derivate din axiome (concepute pur nominalist).

Abia axiomele definesc obiectele cu care se ocupă geometria. De aceea Schlick, în cartea sa de teoria cunoaşterii, a caracterizat axiomele – foarte potrivit11 ca „definiţii implicite" 1.

Această concepţie asupra axiomei, susţinută de axiomatica modernă, curăţă matematica de toate elementele ce nu ţin de ea şi înlătură astfel întunecimea mistică ce învăluia înainte vreme fundamentul matematicii. O asemenea reprezentare purificată face de asemenea evident faptul că matematica – ca atare – nu poate să enunţe ceva nici despre

35

obiecte ale intuiţiei, nici despre obiecte ale realităţii, în geometria axiomatică prin „punct", „dreaptă" şi aşa mai departe trebuie înţelese doar scheme conceptuale golite de orice conţinut. Ceea ce le dă conţinut nu aparţine matematicii.

Pe de altă parte, este însă totuşi sigur că matematica în genere, şi geometria, în special, îşi datorează geneza nevoii de a afla ceva despre comportamentul lucrurilor reale. Aceasta o dovedeşte chiar cuvântul *geometrie* care înseamnă „măsurarea pământului". Căci măsurarea pământului tratează despre posibilităţile aşezării anumitor corpuri din natură unele faţă de altele, adică despre părţi ale globului pământesc, despre sfori ale zidarilor, rigle de măsurat şi aşa mai departe. Este clar că sistemul de concepte al geometriei axiomatice nu oferă niciun enunţ

despre comportamentul unor asemenea obiecte ale realităţii pe care dorim să le caracterizăm drept corpuri practic rigide. Pentru a putea furniza asemenea enunţuri, geometria trebuie să fie despuiată de caracterul ei logic-formal în aşa fel încât schemele conceptuale goale ale geometriei axiomatice să fie coordonate cu obiecte ale realităţii cunoscute prin simţuri. Pentru a realiza aceasta trebuie să adăugăm doar propoziţia: corpurile rigide se comportă în ceea ce priveşte posibilităţile lor de aşezare ca şi corpurile geometriei euclidiene cu trei dimensiuni; atunci propoziţiile geometriei euclidiene cuprind enunţuri despre comportamentul unor corpuri practic rigide.

Geometria completată în acest fel este în mod evident o ştiinţă a naturii; o putem considera chiar cea mai veche ramură a fizicii. Enunţurile ei se sprijină în esenţă pe inducţie din experienţă, nu numai pe concluzii logice. Vom numi geometria astfel completată „geometrie practică” şi o vom distinge în cele ce urmează de „geometria pur axiomatică”, întrebarea dacă geometria practică a lumii este una euclidiană are un sens clar şi poate să primească un răspuns numai prin experienţă. Orice măsurare a lungimilor în fizică este geometrie practică în acest sens, la fel măsurarea geodezică şi astronomică a lungimilor, dacă ne ajutăm de propoziţia empirică după care lumina se propagă în linie dreaptă, şi anume în linie dreaptă în sensul geometriei practice.

36

Acestei concepţii asupra geometriei îi acord o semnificaţie deosebită deoarece fără ea mi-ar fi fost cu neputinţă să stabilesc teoria relativităţii. Fără ea ar fi fost imposibilă următoarea reflecţie: într-un sistem de referinţă ce se roteşte în raport cu un sistem inerţial, legile de aşezare ale corpurilor rigide nu corespund, datorită contracţiei Lorentz, regulilor geometriei euclidiene; aşadar, dacă sistemele neinerţiale sunt acceptate ca sisteme cu aceleaşi drepturi, geometria euclidiană va trebui să fie părăsită. Pasul hotărâtor al trecerii spre ecuaţii general covariante nu ar fi fost în mod sigur făcut

dacă nu ar fi fost adoptată interpretarea de mai sus. Dacă se respinge relaţia dintre corpurile geometriei axiomatic euclidiene şi corpurile practic rigide ale realităţii, se ajunge la următoarea concepţie, pe care a apărat-o îndeosebi pătrunzătorul Henri Poincaré: dintre toate celelalte geometrii axiomatice ce pot fi gândite, geometria euclidiană se distinge prin simplitatea ei. Deoarece geometria axiomatică singură nu conţine însă niciun enunţ despre realitatea cunoscută prin simţuri, ci numai geometria axiomatică în corelaţie cu propoziţii fizice, ar fi posibil şi raţional să păstrăm geometria euclidiană, oricare ar fi alcătuirea realităţii. Căci, dacă vor apărea contradicţii între teorie şi experienţă, ne vom decide mai curând ia o schimbare a legilor fizice decât a geometriei euclidiene axiomatice. Dacă se respinge relaţia dintre corpurile practic rigide şi geometrie, nu vom putea scăpa uşor de convenţia că trebuie să păstrăm geometria euclidiană ca geometria cea mai simplă.

De ce resping Poincaré şi alţi cercetători echivalenţa evidentă a corpurilor practic rigide ale experienţei şi a corpurilor geometrice? Pur şi simplu deoarece corpurile real solide din natură nu sunt, la o considerare mai atentă, rigide, deoarece comportarea lor geometrică, adică posibilităţile lor de aşezare relative, depind de temperatură, forţe exterioare şi aşa mai departe. Cu aceasta, relaţia originară, nemijlocită dintre geometrie şi realitatea fizică pare să fie distrusă şi ne simţim împinşi spre următoarea concepţie mai generală, ce caracterizează punctul de vedere al lui Poincaré: geometria (G) nu spune nimic despre comportarea lucrurilor reale, ci numai geometria împreună cu suma legilor fizice (F). Simbolic pu

tem spune că numai suma (G) + (F) se supune controlului experienţei. Putem deci să alegem în mod arbitrar pe G, ca şi părţi din F; toate aceste legi sunt convenţii. Pentru evitarea contradicţiilor este necesar să alegem restul lui (F) în aşa fel încât (G) şi F), luate împreună, să fie în acord cu experienţa, în această

concepţie, geometria axiomatică şi o parte a legilor naturii, ridicate la rangul de convenţii, apar drept echivalente din punct de vedere epistemologic.

Sub specie aeterni Poincaré are, după părerea mea, dreptate. Conceptul de etalon de măsurare, ca şi conceptul ceasornicului de măsurat, ce îi este coordonat în teoria relativităţii, nu găsesc în lumea reală un obiect care să le corespundă în mod exact. Este de asemenea clar că nici corpurile rigide, nici ceasornicul nu joacă rolul de elemente ireductibile ale construcţiei conceptuale a fizicii, ci rolul unor structuri corelate ce nu au voie să joace un rol de sine stătător în construcţia fizicii teoretice. Convingerea mea este că, în actualul stadiu de dezvoltare a fizicii teoretice, aceste concepte trebuie să figureze ca noţiuni independente; căci suntem încă departe de o cunoaştere asigurată a fundamentelor teoretice ale atomisticii astfel încât să putem da o construcţie teoretică exactă acestor structuri.

Cât priveşte, mai departe, obiecţia că în natură nu există corpuri cu adevărat rigide şi că însuşirile atribuite acestora nu privesc realitatea fizică, această obiecţie nu este câtuşi de puţin atât de profundă cum s-ar putea crede la o examinare fugitivă.2 Căci nu este greu să stabilim starea fizică a unui instrument de măsurat cu atâta precizie încât comportamentul lui faţă de aşezarea relativă a altor instrumente de măsurat să devină destul de univoc, permiţându-ne să-l substituim corpului „rigid”. La asemenea instrumente de măsurat vor trebui raportate enunţurile despre corpurile rigide.

Orice geometrie practică se sprijină pe un principiu accesibil experienţei pe care dorim să ni-l imaginăm acum. Vom numi *linie* distanţa dintre două jaloane aşezate pe un corp practic rigid. Ne imaginăm două corpuri practic rigide, pe fiecare fiind însemnată o linie. Aceste două linii vor trebui numite „egale una cu alta” dacă jaloanele uneia pot fi făcut

te să coincidă în mod constant cu jaloanele celeilalte.

Se presupune acum că, dacă două linii sunt găsite egale o dată şi într-un anumit loc, ele sunt egale întotdeauna şi pretutindeni.

Pe aceste presupoziţii se sprijină nu numai geometria euclidiană practică, ci şi cea mai apropiată generalizare a ei, geometria nemanniană practică, şi cu aceasta şi teoria generală a relativităţii. Dintre temeiurile empirice ce vorbesc în favoarea acestor presupoziţii voi expune aici unul singur. Fenomenul propagării luminii în spaţiul vid pune în corespondenţă cu orice interval spaţio-temporal o linie, adică drumul corespunzător al luminii, şi invers. Legat de aceasta, presupunerea indicată mai sus pentru linii trebuie să fie valabilă în teoria relativităţii şi pentru intervale de timp măsurate de ceasornice, în acest caz, ea poate fi formulată astfel: dacă două ceasornice ideale merg la fel de repede undeva şi cândva (ele fiind nemijlocit învecinate), ele merg la fel de repede întotdeauna, indiferent unde şi când au fost ele comparate în acelaşi loc. Dacă această propoziţie nu ar fi valabilă pentru ceasornicele naturale, atunci frecvenţele proprii atomilor individuali ai aceluiaşi element chinvic nu ar coincide atât de exact unele cu altele cum o arată experienţa. Existenţa liniilor spectrale nete constituie o probă empirică convingătoare pentru numitul principiu al geometriei practice. De aceea, în cele din urmă, putem vorbi cu sens de o metrică nemanniană a continuului cvadridimensional spaţiu-timp.

Problema dacă acest continuu este euclidian sau adecvat schemei nemanniene generale sau altfel structurat este, potrivit concepţiei susţinute aici, o problemă propriu-zis fizică, la care răspunsul trebuie să-l dea experienţa, şi nu este deci problema unei convenţii ce urmează să fie aleasă pe temeiuri de convenabilitate.3 Geometria nemanniană va fi valabilă exact atunci când legile de aşezare a corpurilor practic rigide trec tot mai exact în cele ale corpurilor geometriei euclidiene în măsura în care mărimile domeniului spaţio-temporal considerat se micşorează.

Interpretarea fizică a geometriei prezentată aici eşuează, este adevărat, în aplicarea ei imediată la spaţii de dimensiuni submoleculare. Ea îşi păstrează totuşi o parte din semnificaţia ei şi pentru problemele constituţiei particulelor

39

elementare. Căci se poate încerca să se atribuie semnificaţie fizică conceptelor câmpului, care au fost definite pentru descrierea geometrică a comportării corpurilor mai mari decât molecula şi atunci când este vorba de descrierea particulelor electrice elementare din care este constituită substanţa materială. Numai succesul poate decide asupra îndreptăţirii unei asemenea încercări ce acordă realitate fizică conceptelor de bază ale geometriei nemanniene dincolo de domeniul lor de aplicare fizic definit. Este posibil să rezulte că această extrapolare este tot atât de puţin oportună ca şi cea a conceptului de temperatură asupra părţilor unui corp de dimensiune moleculară.

Mai puţin problematică apare extinderea conceptelor geometriei practice asupra spaţiilor de dimensiune cosmică. S-ar putea desigur obiecta că o construcţie formată din vergele rigide se îndepărtează cu atât mai mult de idealul rigidităţii cu cât întinderea ei spaţială este mai mare. Cu greu s-ar putea însă atribui o semnificaţie principială acestei obiecţii.

De aceea, întrebarea dacă lumea este spaţial finită sau nu mi se pare o problemă pe de-a-ntregul rezonabilă în sensul geometriei practice. Nici măcar nu mi se pare exclus ca, într-un viitor previzibil, această întrebare să primească un răspuns din partea astronomiei. Să ne reamintim ce ne învaţă în această privinţă teoria generală a relativităţii. Potrivit ei există două posibilităţi:

1. Lumea este spaţial infinită. Acest lucru este posibil numai dacă densitatea spaţială medie a materiei concentrate în stele se anulează, adică dacă raportul dintre masa totală a stelelor şi mărimea spaţiului în care sunt ele împrăştiate tinde spre valoarea zero, dacă spaţiile

considerate sunt tot mai mari.

2. Lumea este spaţial finită. Acesta trebuie să fie cazul dacă există o densitate medie diferită de zero a materiei ponderabile în univers. Volumul universului este cu atât mai mare cu cât această densitate medie este mai mică.

Nu vreau să trec cu vederea că pentru ipoteza finităţii lumii poate fi revendicat un temei teoretic. Teoria generală a relativităţii arată că inerţia unui anumit corp este cu atât mai mare cu cât în vecinătatea sa se găseşte mai multă masă ponderabilă; de aceea pare foarte firesc să reducem întreaga iner

ţie a unui corp la interacţiuni între el şi celelalte corpuri ale lumii, tot aşa cum, încă de la Newton, greutatea a fost în întregime redusă la interacţiuni între corpuri. Din ecuaţiile teoriei generale a relativităţii se poate deduce că această reducere totală a inerţiei la interacţiunea dintre mase – aşa cum a cerut-o, de exemplu, Ernst Mach – este cu putinţă numai dacă lumea este spaţial finită.

Acest argument nu are nicio înrâurire asupra multor fizicieni şi astronomi. Dacă, în cele din urmă, numai experienţa poate decide care din cele două posibilităţi se realizează în natură, se pune întrebarea: cum poate experienţa să ofere un răspuns? S-ar putea crede, mai întâi, că densitatea medie a materiei ar putea fi determinată prin observarea părţii din univers accesibile percepţiei noastre. Această nădejde este înşelătoare. Distribuţia stelelor vizibile este deosebit de neregulată, astfel încât în niciun caz nu putem cuteza să echivalăm densitatea medie a materiei stelare în univers cu densitatea medie a Căii Lactee. Şi, oricât de mare ar fi spaţiul cercetat, putem întotdeauna bănui că în afara acestui spaţiu mai există şi alte stele. O evaluare a densităţii medii ne apare, aşadar, drept exclusă.

Există şi o a doua cale, ce mi se pare mai accesibilă, chiar dacă este şi ea presărată cu mari greutăţi. Dacă ne

întrebăm care sunt abaterile consecinţelor teoriei generale a relativităţii faţă de teoria lui Newton, abateri accesibile observaţiei noastre, rezultă mai întâi o abatere ce se produce la o mare apropiere de masa gravitaţională, o abatere care a putut fi confirmată în cazul planetei Mercur. Pentru cazul în care lumea este spaţial finită există şi o a doua abatere faţă de teoria newtoniană, care se poate exprima astfel în limbajul teoriei newtoniene: Câmpul gravitaţional este în aşa fel alcătuit, încât pare să fi fost generat, în afară de masa ponderabilă, şi de o densitate a masei cu semn negativ care este repartizată uniform în spaţiu. Deoarece această masă imaginară trebuie să fie extrem de mică, ea ar putea fi observată numai în sistemele gravitaţionale de mare întindere.

Să presupunem că am cunoaşte repartiţia statistică a stelelor în Calea Lactee, ca şi masa acestora. Atunci am putea calcula, după legea lui Newton, câmpul gravitaţional ca şi

viteza medie pe care trebuie să o aibă stelele pentru ca, datorită interacţiunii lor, Calea Lactee să nu se prăbuşească, ci să-şi menţină întinderea. Dacă însă vitezele medii reale ale stelelor ce se pot măsura ar fi mai mici decât cele calculate, am avea proba că atracţiile reale la distanţe mari sunt mai mici decât cele conforme legii lui Newton. Printr-o asemenea abatere s-ar putea dovedi indirect caracterul finit al lumii şi s-ar evalua chiar şi mărimea ei spaţială.

NOTE

1. Este vorba de lucrarea lui M. Schlick, Allgemeine *Erkenninislehre*, Verlag von Julius Springer, Berlin, prima ediţie 1918, a doua ediţie 1925.

2. Critica concepţiei convenţionaliste asupra geometriei, în formularea pe care i-a dat-o H. Poincaré, aşa cum este ea dezvoltată în acest text poate fi comparată cu discuţia imaginată de Einstein în *Observaţii asupra articolelor reunite în acest volum*, între un susţinător şi un critic al concepţiei convenţionaliste asupra geometriei.

3. Raţiunile examenului critic la care supune Einstein ideea caracterului convenţional al alegerii geometriei utilizate în descrierea spaţiului fizic, idee legată de numele lui Poincaré, apar aici cu multă claritate. Descrierea metricii spaţiului în teoria generalizată a relativităţii primeşte semnificaţie fizică şi, totodată, filosofică numai dacă admitem supoziţia că adoptarea unei geometrii euclidiene sau neeuclidiene pentru descrierea fizică este o chestiune în care decide experienţa, şi nu o convenţie „ce urmează să fie aleasă pe temeiuri de convenabilitate”.

MECANICA LUI NEWTON
ŞI INFLUENŢA EI ASUPRA
EVOLUŢIEI FIZICII TEORETICE

Se împlinesc în aceste zile două sute de ani de când Newton a închis ochii pentru totdeauna, într-un asemenea moment simţim nevoia să evocăm memoria acestui spirit luminos, care a determinat structurile gândirii, cercetării şi practicii occidentale aşa cum n-a făcut-o nimeni înaintea lui sau după el. Newton n-a fost doar un genial descoperitor al unor metode speciale de o mare semnificaţie, el a dominat, de asemenea, într-o manieră unică faptele empirice cunoscute la acea vreme şi a fost fantastic de inventiv în privinţa metodelor matematice sau fizice de demonstraţie aplicabile în situaţii fizice particulare. Pentru toate acestea el este demn de veneraţia noastră cea mai profundă. Figura lui Newton are însă o importanţă şi mai mare decât cea care ţine de geniul său intrinsec, datorită faptului că destinul l-a plasat într-un punct crucial al istoriei spiritului uman. Pentru a ne da seama în mod clar de aceasta, trebuie să ne reamintim că înaintea lui

Newton nu exista un sistem bine definit al cauzalităţii fizice capabil de a reprezenta vreuna dintre cele mai adânci trăsături ale lumii fizice.

După cum se ştie, marii materialişti ai antichităţii greceşti au pretins ca toate procesele materiale să fie reduse la desfăşurarea logică a mişcărilor atomilor, reglată strict, fără a admite intervenţia voinţei fiinţelor vii drept

cauză de sine stătătoare. De asemenea, Descartes a reluat în modul său specific acest proiect. Dar el a rămas o dorinţă îndrăzneaţă, idealul problematic al unei şcoli filosofice. Rezultate reale, apte de a da un temei ideii existenţei unui lanţ neîntrerupt al cauzalităţii fizice, nu existau deloc înaintea lui Newton.

43

Scopul lui Newton a fost să răspundă la întrebarea: există o regulă simplă după care să se poată calcula în mod complet mişcările corpurilor cereşti din sistemul nostru planetar, atunci când se cunoaşte starea de mişcare a tuturor acestor corpuri la un moment dat? Legile empirice ale lui Kepler cu privire la mişcarea planetelor, stabilite pe baza observaţiilor lui Tycho Brahe, fuseseră deja enunţate şi necesitau o explicaţie. Aceste legi, este adevărat, dădeau un răspuns complet la întrebarea *cum se* mişcă planetele în jurul Soarelui (forma de elipsă a orbitelor, egalitatea ariilor pe care le parcurge raza în timpi egali, relaţia dintre semiaxele mari şi perioada de rotaţie în jurul Soarelui). Dar aceste reguli nu satisfăceau exigenţa cauzalităţii. Ele reprezintă trei reguli logic independente, fără vreo conexiune internă reciprocă. Legea a treia nu poate fi pur şi simplu aplicată în mod cantitativ altor corpuri centrale decât Soarelui (nu există, cu alte cuvinte, nicio relaţie între perioada de rotaţie a unei planete în jurul Soarelui şi aceea a unui satelit în jurul planetei sale). Totuşi, aspectul cel mai important este următorul: aceste legi se referă la mişcarea luată ca întreg şi nu la problema *modului în care o stare a mişcării unui sistem o generează pe cea care urmează în mod nemijlocit în timp*; aceste legi sunt, cum spunem astăzi, legi integrale şi nu legi diferenţiale.

Legea diferenţială este singura formă care satisface pe deplin exigenţa cauzalităţii proprie fizicianului modern. Conceperea clară a legii diferenţiale este una dintre cele mai mari realizări intelectuale ale lui Newton. Pentru aceasta este necesar nu doar gândul lui, ci şi un formalism matematic, care, e drept, exista într-o formă rudimentară,

dar care cerea o formă sistematică. Newton a găsit şi acest formalism prin calcul diferenţial şi integral. Nu vom discuta aici dacă Leibniz a ajuns la aceleaşi metode matematice independent de Newton sau nu. În orice caz, pentru Newton perfecţionarea aces

— Astăzi toată lumea ştie ce muncă imensă a necesitat descoperirea acestor legi pornind de la orbitele constatate empiric. Dar puţini reflectă asupra metodei geniale prin care Kepler a dedus orbitele reale pornind de la cele aparente, adică de la cele date de observaţiile efectuate de pe Pământ (*n.t.*).

44

l tora a reprezentat o necesitate, deoarece numai ele i-ar fi putut oferi instrumentul adecvat pentru exprimarea ideilor sale.

Galilei făcuse deja un pas important în cunoaşterea legilor mişcării. El a descoperit legea inerţiei şi legea căderii libere a corpurilor în câmpul gravitaţional al Pământului:

O masă (mai exact, un punct material) care nu e supusă influenţelor altor mase se mişcă uniform şi rectiliniu în câmpul de gravitaţie al Pământului; viteza unui corp în cădere liberă verticală creşte proporţional cu timpul. Astăzi, s-ar putea să ni se pară că doar un mic pas desparte legea de mişcare a lui Newton de descoperirile lui Galilei. Trebuie însă să observăm că cele două enunţuri de mai sus se referă, prin forma lor, la mişcare ca întreg, pe când legea de mişcare a lui

Newton oferă un răspuns la întrebarea: cum se exprimă starea de mişcare a unui punct material *într-un timp infinit de mic* sub influenţa unei forţe exterioare? Numai prin trecerea la considerarea fenomenelor într-un timp infinit mic (legea diferenţială) a ajuns Newton la acea formulare care este valabilă pentru orice fel de mişcări. El a împrumutat ideea de forţă din ştiinţa extrem de dezvoltată a staticii. Pentru el conexiunea dintre forţă şi acceleraţie a devenit posibilă numai prin introducerea noului concept al masei care, în mod curios, se întemeia pe

o pseudodefiniţie. Astăzi suntem atât de obişnuiţi cu formarea unor concepte ce corespund unor derivate, încât nu mai putem aprecia ce remarcabilă putere de abstracţie a fost necesară pentru a obţine legea diferenţială generală a mişcării printr-o derivare de ordinul doi, în timp ce conceptul de masă trebuia, mai întâi, inventat.

Cu aceasta ne aflăm încă departe de obţinerea unei înţelegeri cauzale a proceselor de mişcare. Deoarece mişcarea era determinată prin ecuaţia de mişcare numai în cazul în care forţa era dată. Inspirat probabil de legităţile mişcării planetelor, Newton a conceput ideea că forţa ce acţionează asupra unei mase e determinată de poziţia tuturor maselor situate la o distanţă suficient de mică de masa respectivă. Numai după ce această relaţie a fost cunoscută, a devenit posibilă o înţelegere pe deplin cauzală asupra proceselor mişcării.

Este cunoscut modul în care Newton, pornind de la legile

mişcării planetelor ale lui Kepler, a rezolvat această problemă pentru gravitaţie, descoperind astfel identitatea de natură dintre forţele motrice ce acţionează asupra astrelor şi gravitaţie. Numai prin combinarea Legii mişcării cu Legea atracţiei s-a constituit acest minunat edificiu de gândire ce face posibilă calcularea stării trecute şi a celei viitoare a unui sistem din starea sa la un moment dat, în măsura în care evenimentele se produc numai sub influenţa forţelor gravitaţionale. Unitatea logică a sistemului conceptual a lui Newton constă în aceea că singurele lucruri care apar drept cauze ale acceleraţiei maselor unui sistem sunt *înseşi aceste mase*.

Pe temeiul acestor principii schiţate aici, Newton a reuşit să explice mişcarea planetelor, sateliţilor şi a cometelor până în cele mai mici amănunte, apoi fluxul şi refluxul, mişcarea de precesie a Pământului – o realizare deductivă de o măreţie unică. O mare admiraţie a produs descoperirea identităţii dintre cauzele mişcării corpurilor cereşti şi greutate, fenomen cu care suntem astăzi atât de

obişnuiţi în viaţa cotidiană.

Importanţa realizării lui Newton nu s-a limitat însă la faptul că el a creat o bază efectivă şi logic satisfăcătoare pentru ştiinţa mecanică; până la sfârşitul secolului al XIX-lea aceasta a constituit programul oricărei cercetări desfăşurate în domeniul fizicii teoretice. Toate fenomenele fizice trebuiau reduse la mase ce se supuneau legilor newtoniene de mişcare. Legea forţei trebuia pur şi simplu extinsă şi aplicată la orice tip de fapte considerate. Newton însuşi a încercat să aplice acest program în optică, presupunând că lumina consistă din corpuscule inerte, însăşi teoria opticii ondulatorii folosea legea de mişcare a lui Newton, după ce aceasta a fost aplicată maselor răspândite continuu. Ecuaţiile de mişcare ale lui Newton reprezentau unica bază pentru teoria cinetică a căldurii, care nu numai că a pregătit terenul pentru descoperirea legii conservării energiei, dar a condus, de asemenea, la o teorie a gazelor care a fost confirmată până în cele mai mici detalii şi la o idee mai profundă asupra naturii legii a doua a termodinamicii. Teoria electricităţii şi magnetismului s-a dezvoltat, de asemenea, până în vremurile moderne sub imperiul ideilor fundamen

tale ale lui Newton (substanţă electrică şi magnetică, forţe ce acţionează la distanţă). Chiar şi revoluţia produsă în electrodinamică şi optică de Faraday şi Maxwell, care a reprezentat primul mare progres principial la nivelul fundamentelor fizicii teoretice după Newton, s-a realizat sub totala orientare a ideilor lui Newton. Maxwell, Boltzmann, lordul Kelvin n-au ezitat să reducă câmpurile electromagnetice şi acţiunile lor dinamice reciproce la acţiunea mecanică a unor mase ipotetice răspândite în mod continuu. Totuşi, ca urmare a sterilităţii sau cel puţin a lipsei de succes a acestor eforturi, s-a produs în mod progresiv, încă de la sfârşitul secolului trecut, o revoluţionare a reprezentărilor de bază: fizica teoretică a depăşit cadrul conceptual newtonian care asigurase stabilitatea şi ghidase gândirea ştiinţifică timp de aproape

două secole.

Principiile fundamentale ale lui Newton au fost atât de satisfăcătoare din punct de vedere logic, încât impulsul de înnoire nu putea apărea decât sub presiunea unor fapte de experienţă, înainte de a mă ocupa mai îndeaproape de acest aspect, trebuie să subliniez că însuşi Newton era mult mai conştient de anumite slăbiciuni ale edificiului său intelectual decât au fost generaţiile de savanţi ce l-au urmat. Acest fapt mi-a provocat întotdeauna admiraţie plină de respect.

Aş dori de aceea să mă opresc pe scurt asupra acestora.

I. în ciuda faptului că efortul lui Newton de a-şi prezenta sistemul de idei ca fiind în mod necesar determinat de experienţă şi de a introduce cât mai puţine concepte ce nu se referă direct la obiecte empirice este peste tot evident, el a formulat conceptele de spaţiu absolut şi de timp absolut, care i-au fost adesea reproşate în anii noştri. Dar tocmai în acest punct este Newton în mod deosebit consecvent. El a recunoscut faptul că mărimile geometriei observabile (distanţele între punctele materiale) şi evoluţia lor în timp nu caracterizează în mod complet mişcarea din punct de vedere fizic. El a demonstrat aceasta prin faimosul experiment cu găleata cu apă în rotaţie. Ca urmare, pe lângă mase şi distanţele lor ce variază în timp, trebuie să mai existe ceva care să determine mişcarea. Acest „ceva" a fost considerat de el ca fiind relaţia cu „spaţiul absolut". El a admis că spaţiul trebuie să posede un gen de realitate fizică pentru ca legile de

mişcare formulate de el să poată avea semnificaţie, o realitate de acelaşi gen cu aceea a punctelor materiale şi a distanţelor dintre ele.

Această concepţie clară ne relevă atât înţelepciunea lui Newton cât şi un aspect slab al teoriei sale. Structura logică a acestei teorii ar fi fost cu siguranţă mai satisfăcătoare fără acest concept vag; în acest caz, în

formularea legilor ar fi trebuit să apară numai obiecte a căror relaţie cu percepţia era perfect clară (punctele materiale, distanţele).

II. Introducerea forţelor acţionând direct şi instantaneu la distanţă pentru a reprezenta efectele gravitaţiei nu corespunde caracterului majorităţii fenomenelor pe care le cunoaştem din experienţa obişnuită. Newton a răspuns acestei obiecţii indicând că legea sa a atracţiei gravitaţionale nu putea să constituie o explicaţie definitivă a fenomenelor, ci doar o regulă derivată prin inducţie din experienţă.

III. Teoria lui Newton nu oferea o explicaţie pentru faptul cu totul straniu că greutatea şi inerţia unui corp sunt determinate de aceeaşi mărime (masa). Natura stranie a acestui fapt l-a frapat şi pe Newton.

Niciunul dintre aceste trei puncte nu constituie o obiecţie logică împotriva teoriei; ele nu reprezintă, într-o anumită măsură, decât deziderate neîmplinite ale spiritului ştiinţific în lupta lui pentru pătrunderea completă şi unitară prin gândire a fenomenelor naturale.

Pentru doctrina newtoniană a mişcării, considerată ca program pentru întreaga fizică teoretică, primul şoc a venit din partea teoriei electricităţii a lui Maxwell. A devenit astfel clar că acţiunile reciproce dintre corpuri datorate forţelor electrice şi magnetice sunt realizate nu prin forţe ce acţionează instantaneu la distanţă, ci prin intermediul unor procese ce se propagă în spaţiu cu viteză infinită. Faraday a introdus, pe lângă punctul material şi mişcarea lui, un nou tip de entitate fizică reală, şi anume „câmpul”. S-a încercat mai întâi, pe baza modului de gândire mecanic, să se interpreteze acest nou concept ca o stare mecanică (a mişcării sau a forţei) a unui mediu ipotetic care umple spaţiul (eterul). Dar atunci când, în ciuda celor mai intense eforturi, această în

terpretare a eşuat, oamenii au trebuit să accepte treptat câmpul electromagnetic, ca ultimă cărămidă de construcţie ireductibilă a realităţii fizice, îi datorăm lui H.

Hertz eliberarea conceptului de câmp de orice accesoriu provenind din arsenalul concepţiei mecanice şi lui H.A. Lorentz eliberarea de orice purtător material, singurul purtător al câmpului rămânând spaţiul fizic vid (sau eterul), care nici în mecanica lui Newton nu era deposedat de orice funcţie fizică, în momentul în care această evoluţie se încheiase, nimeni nu mai credea în forţe care acţionează nemijlocit şi instantaneu la distanţă, nici chiar în domeniul gravitaţiei, chiar dacă pentru aceasta nu se schiţase încă o teorie de câmp indiscutabilă, din lipsa unor cunoştinţe empirice suficiente. Evoluţia teoriei electromagnetice a câmpului a condus – de îndată ce ipoteza newtoniană a forţelor ce acţionează la distanţă a fost abandonată – la tentativa de a explica legea de mişcare newtoniană în termenii electromagnetismului, respectiv de a o înlocui printr-una mai exactă, fundată pe teoria câmpului. Deşi aceste încercări n-au dus la un succes deplin, conceptele fundamentale ale mecanicii au încetat să mai fie considerate ca piatră de temelie a imaginii lumii fizice.

Teoria Maxwell-Lorentz a condus în mod necesar la teoria specială a relativităţii, care, abandonând ideea simultaneităţii absolute, a exclus existenţa unor forţe ce acţionează la distanţă. Din această teorie a rezultat că masa nu mai reprezintă o mărime invariabilă, ci una care depinde de (fiind echivalentă cu) mărimea conţinutului de energie. Ea a arătat, de asemenea, că legea de mişcare a lui Newton va trebui considerată ca o lege-limită aplicabilă numai pentru viteze mici; în locul ei a fost introdusă o nouă lege de mişcare în care viteza luminii în vid intervine ca o viteză-limită.

Teoria generală a relativităţii a reprezentat ultimul pas în dezvoltarea programului teoriei câmpului. Din punct de vedere cantitativ ea a modificat foarte puţin teoria lui Newton, dar din punct de vedere calitativ ea i-a adus modificări mult mai profunde. Inerţia, gravitaţia şi comportarea metrică a corpurilor şi ceasurilor au fost reduse la o calitate unitară a câmpului; acest câmp, la

rândul lui, a fost pus în dependenţă de corpuri (generalizarea legii gravitaţiei a

lui Newton, respectiv a legii câmpului care-i corespundea, aşa cum a fost formulată de Poisson). Prin aceasta timpul şi spaţiul au fost deposedate nu de realitatea lor, ci de caracterul lor de absolut cauzal (un absolut ce influenţa materia, dar nu era afectat de influenţa ei), pe care Newton a fost obligat să li-l acorde pentru a putea formula legile cunoscute atunci. Legea generalizată a inerţiei preia rolul legii de mişcare a lui

Newton. Această scurtă explicaţie e suficientă pentru a evidenţia modul în care elementele teoriei newtoniene sunt transferate în teoria generală a relativităţii prin care cele trei defecte semnalate mai sus sunt depăşite. Este posibil ca, în cadrul acestei ultime teorii, legea de mişcare să poată fi dedusă din legea câmpului corespunzătoare legii newtoniene a forţelor. Numai după ce se va realiza acest obiectiv se va putea vorbi de o teorie pură a câmpului.

Mecanica lui Newton a deschis drumul pentru teoria câmpului şi într-un sens mai formal. Aplicarea mecanicii lui Newton unor mase ce se distribuie în mod continuu a condus în mod necesar la descoperirea şi folosirea ecuaţiilor diferenţiale parţiale (Einstein foloseşte aici expresia „ecuaţii diferenţiale parţiale” pentru ecuaţii diferenţiale cu derivate parţiale

— *N.t.*), care, la rândul lor, ar fi putut oferi prima expresie adecvată legilor teoriei câmpului. Din punct de vedere formal, concepţia lui Newton asupra legii diferenţiale a reprezentat primul pas decisiv pentru dezvoltarea ulterioară.

Întreaga evoluţie a ideilor noastre despre procesele naturii de care am vorbit mai sus poate fi privită ca o dezvoltare organică a ideilor lui Newton. Dar, în timp ce procesul perfecţionării teoriei câmpului se află încă în plină desfăşurare, descoperirea radiaţiei termice, spectrele, radioactivitatea etc. au pus în evidenţă o limită a

posibilităţii de a utiliza întregul sistem de idei, limită ce ne apare încă şi azi de netrecut, în ciuda succesului imens înregistrat în rezolvarea unor aspecte particulare. Mulţi fizicieni susţin – şi au argumente puternice – că în faţa acestor fapte eşuează nu doar legea diferenţială, ci însăşi legea cauzalităţii – până în prezent postulatul fundamental al întregii ştiinţe. Este negată însăşi posibilitatea unei construcţii spaţio-temporale care ar putea fi pusă în corespondenţă în mod univoc cu procesele fi

zice. Faptul că un sistem mecanic admite doar valori discrete sau stări discrete ale energiei – aşa cum rezultă direct din experienţă – pare la prima vedere greu de dedus dintr-o teorie de câmp care operează cu ecuaţii diferenţiale. Metoda L. de Broglie-Schrodinger, care într-un anumit sens are caracterul unei teorii de câmp, deduce într-adevăr pe baza ecuaţiilor diferenţiale, printr-un gen de consideraţii de rezonanţă, doar existenta unor stări discrete, într-un uimitor acord cu faptele de experienţă. Dar această metodă trebuie să renunţe la localizarea particulelor materiale şi la legi strict cauzale. Cine îşi îngăduie însă azi să decidă dacă legea cauzalităţii şi legea diferenţială, aceste premise ultime ale concepţiei newtoniene asupra naturii, vor trebui definitiv abandonate?

JOHANNES KEPLER

În epoci pline de griji şi frământări cum este epoca noastră, când cu greu pot fi găsite motive de bucurie legate de oameni şi de desfăşurarea activităţilor umane, ne putem consola evocând amintirea unui om atât de mare şi senin cum a fost Kepler. El a trăit într-o vreme când existenta unei legităţi generale privind desfăşurarea fenomenelor naturale nu era în niciun caz acceptată fără rezerve. Cât de mare trebuie să fi fost credinţa în această legitate pentru ca ea să-i fi dat forţa necesară de a consacra, în singurătate, zeci de ani unei munci dificile şi răbdătoare de cercetare empirică a mişcării planetelor şi a legilor matematice ale acestei mişcări, fără a avea nici

sprijin şi nici înţelegere din partea contemporanilor. Dacă dorim să-i cinstim cum se cuvine memoria, va trebui să ne reprezentăm clar problema cu care s-a confruntat şi să stabilim cât mai exact stadiile rezolvării ei.

Copernic atrăsese deja atenţia celor mai înalte spirite asupra faptului că am putea dobândi o înţelegere clară a mişcărilor aparente ale planetelor considerând aceste mişcări drept mişcări de rotaţie ale planetelor în jurul Soarelui, presupus imobil. Dacă planetele s-ar mişca uniform şi în cerc în jurul Soarelui situat în centru, ar fi relativ uşor să se descopere cum arată de pe Pământ aceste mişcări. Cum însă era vorba de fenomene mult mai complicate, problema s-a dovedit a fi mult mai dificilă. Primul lucru ce trebuia făcut era să se determine aceste mişcări în mod empiric din observaţiile lui Tycho Brahe asupra planetelor. Numai atunci se putea pune problema de a descoperi legile generale pe care le satisfac aceste mişcări.

52

Pentru a sesiza cu câtă greutate puteau fi determinate mişcările reale de rotaţie, va trebui să ne edificăm asupra următoarei situaţii: nu putem vedea niciodată unde se găseşte efectiv o planetă într-un moment anumit, ci doar în ce direcţie este ea observată de pe Pământ, acesta din urmă descriind, la rândul lui, o curbă de natură necunoscută în jurul Soarelui. Dificultăţile păreau deci insurmontabile.

Kepler a trebuit să descopere o cale pentru a introduce ordinea în acest haos. El a înţeles că, în primul rând, trebuia determinată mişcarea Pământului. Acest lucru ar fi fost pur şi simplu imposibil, dacă ar fi existat doar Soarele, Pământul şi stelele fixe, nu însă şi celelalte planete, deoarece în acest caz nu s-ar fi putut determina empiric decât modul cum se modifică în timpul anului direcţia dreptei care leagă Pământul şi Soarele (mişcarea aparentă a Soarelui în raport cu stelele fixe). Se putea descoperi astfel că toate aceste direcţii Soare-Pământ se află într-un plan staţionar în raport cu stelele fixe, cel puţin

în conformitate cu precizia observaţiilor efectuate în acele vremi, când nu existau telescoape. Pe această cale se putea determina, de asemenea, în ce fel se roteşte în jurul Soarelui linia de legătură Soare-Pământ. S-a constatat că viteza unghiulară a acestei mişcări se modifică regulat în timpul anului. Dar aceasta nu putea fi încă de mare ajutor atâta timp cât nu se cunoştea variaţia anuală a distanţei Soare-Pământ. Numai atunci când aceste modificări anuale au fost cunoscute, s-a descoperit forma reală a orbitei Pământului precum şi modul în care este descrisă aceasta.

Kepler a găsit o cale admirabilă de a ieşi din această dilemă. Mai întâi, din observaţiile asupra Soarelui rezulta că viteza mersului aparent al Soarelui în raport cu fondul stelelor fixe era diferită în diferite perioade ale anului, dar că viteza unghiulară a acestei mişcări era mereu aceeaşi în aceeaşi perioadă a anului astronomic şi, ca urmare, viteza de rotaţie a liniei drepte de legătură Soare-Pământ era întotdeauna aceeaşi dacă era raportată la aceeaşi regiune a stelelor fixe. Se putea deci admite că orbita Pământului, pe care Pământul o parcurge în acelaşi fel în fiecare an, era o orbită *închisă în sine* – fapt ce nu era evident *a priori*. Pentru partizanii

sistemului lui Copernic devenea aproape cert că această explicaţie trebuie să fie valabilă şi pentru orbitele celorlalte planete.

Aceasta constituia deja un pas înainte. Dar cum să se determine forma reală a orbitei Pământului? Să ne imaginăm prezenţa într-un loc al planului orbitei a unei lanterne puternice M, despre care ştim că rămâne permanent în acelaşi loc şi formează astfel un gen de punct fix de triangulaţie pentru a se determina orbita Pământului, un punct pe care locuitorii Pământului l-ar putea viza în fiecare perioadă a anului. Să admitem că această lanternă M se află la o distanţă mai mare de Soare decât de Pământ. Cu ajutorul unei asemenea lanterne se putea determina orbita Pământului, şi anume în felul următor:

Mai întâi, în fiecare an există un moment când Pământul P se află exact pe linia care leagă Soarele S şi lanterna

M. în acel moment, vizând de pe Pământul P lanterna M, linia astfel obţinută va fi în acelaşi timp direcţia SM (Soare-Lanternă). Să admitem că această direcţie va fi marcată pe cer. Apoi să ne imaginăm Pământul într-o poziţie diferită şi la un moment diferit. Deoarece atât lanterna M, cât şi Soarele S pot fi văzute de pe Pământ, unghiul P din triunghiul SPM ar putea fi cunoscut. Dar, prin observaţii directe asupra Soarelui, noi cunoaştem de asemenea şi direcţia lui

SP în raport cu stelele fixe, în timp ce direcţia liniei de legătură SM în raport cu stelele fixe a fost determinată dinainte pentru totdeauna. Dar în triunghiul SPM cunoaştem şi unghiul S. Ca urmare, alegând în mod liber o bază SM, putem trasa pe hârtie triunghiul SPM: pe baza cunoaşterii unghiurilor P şi S. Putem repeta acest lucru la intervale diferite în cursul anului; de fiecare dată vom obţine pe hârtie o localizare a Pământului P cu momentul temporal corespunzător în raport cu linia de bază SM stabilită o dată pentru totdeauna. Orbita Pământului va fi astfel determinată empiric, nu însă şi dimensiunea ei absolută.

Dar, veţi întreba, de unde a luat Kepler această lanternă?

Geniul său şi natura, binevoitoare în acest caz, i-au oferit-o.

Exista, de exemplu, planeta Marte a cărei revoluţie anuală era cunoscută. Se ajunge uneori ca Pământul, Soarele şi

Marte să se afle exact în linie dreaptă şi această poziţie a lui

Marte se repetă după fiecare an marţian, deoarece Marte parcurge o traiectorie închisă, în aceste momente cunoscute, *SM* reprezintă întotdeauna aceeaşi linie de bază, în timp ce Pământul se află mereu într-un alt punct

al orbitei sale.

Observaţiile asupra Soarelui şi asupra lui Marte, în momentele respective, furnizează ca urmare un mijloc de a determina orbita adevărată a Pământului, planeta Marte jucând atunci rolul lanternei noastre fictive. Astfel a descoperit Kepler forma adevărată a orbitei Pământului şi modul în care acesta o descrie; nouă tuturor celorlalţi născuţi mai târziu, europeni, germani sau şvabi nu ne rămâne decât să-l admirăm şi să-l preţuim pentru aceasta.

Odată determinată empiric orbita Pământului, puteau fi cunoscute poziţia şi lungimea reale ale liniei SP în orice moment; pentru Kepler nu mai era atât de dificil să calculeze, pe baza observaţiilor, orbitele şi mişcările celorlalte planete, cel puţin în principiu. A fost necesară desigur o muncă imensă, mai ales dacă ţinem seama de stadiul de atunci al matematicii.

Rămânea cea de-a doua parte, nu mai puţin dificilă, a operei căreia Kepler îi dedicase întreaga sa viaţă. Orbitele erau cunoscute empiric, mai trebuiau deduse legile lor din aceste date empirice. Trebuia formulată o ipoteză asupra naturii matematice a curbei descrise de orbită şi, după aceea, verificată pe baza imensului număr de date; dacă rezultatele nu concordau, se imagina o nouă ipoteză şi se relua verificarea.

După nesfârşite căutări, o ipoteză confirmată: orbita este o elipsă; în centrul ei se află Soarele. El a găsit şi legea potrivit căreia viteza se modifică în timpul rotaţiei, în aşa fel încât linia planetă-Soare acoperă suprafeţe egale în intervale de timp egale, în fine, Kepler a descoperit că pătratele perioadelor de revoluţie sunt proporţionale cu cuburile axelor mari ale elipselor.

Admiraţia noastră faţă de acest om sublim se împleteşte cu un alt sentiment de admiraţie şi de veneraţie, care însă nu mai e legat de o fiinţă umană, ci de misterioasa armonie a naturii în care ne-am născut, încă din Antichitate, oamenii au imaginat curbe ale celor mai simple legi posibile: printre

acestea, pe lângă linia dreaptă şi cercul, elipsa şi hiperbola.

Pe acestea din urmă le regăsim – cel puţin cu o bună aproximaţie – în orbitele corpurilor cereşti.

S-ar părea că raţiunea umană trebuie să construiască mai întâi, independent, formele, înainte de a le putea dovedi existenţa în natură. Din minunata operă de-o viaţă a lui Kepler înţelegem clar că experienţa simplă nu poate genera cunoaşterea, aceasta fiind produsă doar prin compararea creaţiilor spiritului cu faptele observaţiei.

INFLUENŢA LUI MAXWELL
ASUPRA EVOLUŢIEI CONCEPŢIEI
DESPRE REALITATEA FIZICĂ

Credinţa într-o lume exterioară independentă de subiectul cunoscător stă la baza întregii ştiinţe a naturii, întrucât percepţiile ne dau numai o informaţie indirectă asupra acestei lumi exterioare sau asupra realităţii fizice (*Physikalisch-Realen*), aceasta nu poate fi sesizată de noi decât pe o cale speculativă. De aici decurge că concepţiile noastre asupra realităţii fizice nu pot fi niciodată definitive. Trebuie să fim permanent pregătiţi să schimbăm aceste concepţii – adică fundamentul axiomatic al fizicii – pentru a fi în acord cu faptele într-o modalitate perfectă din punct de vedere logic. De fapt, o privire sumară asupra dezvoltării fizicii ne arată că acest fundament axiomatic a suferit de-a lungul timpului modificări profunde.1

Cea mai mare schimbare a bazei axiomatice a fizicii, cu alte cuvinte a concepţiei noastre cu privire la structura realităţii, de la întemeierea fizicii teoretice prin Newton, a fost provocată de cercetările lui Faraday şi Maxwell asupra fenomenelor electromagnetice, în cele ce urmează vom încerca să prezentăm mai exact acest fapt examinând atât evoluţia anterioară a ideilor, cât şi pe cea ulterioară.

În sistemul lui Newton realitatea fizică este caracterizată prin conceptele de timp, spaţiu, punct material şi forţă (acţiune reciprocă a punctelor materiale). Fenomenele fizice trebuie considerate, după Newton, mişcări ale punctelor materiale în spaţiu guvernate de legi

determinate. Punctul material este singurul mod de a reprezenta realitatea în măsura în care aceasta se află în mişcare. Corpurile perceptibile au constituit, evident, punctul de plecare în formarea conceptului punctului material; acesta a fost imaginat ca un analog

al corpurilor mobile, abstracţie făcând de formă, întindere, orientare în spaţiu, de toate proprietăţile „intrinseci", păstrând doar inerţia şi translaţia şi adăugând ideea de forţă. Corpurile materiale, care au provocat psihologic formarea conceptului de „punct material", au fost considerate, la rândul lor, ca sisteme de puncte materiale. Trebuie să menţionăm că acest sistem teoretic este în esenţa sa atomist şi mecanic. Orice fenomen trebuie conceput pur mecanic, adică în termenii mişcărilor simple ale punctelor materiale după legile de mişcare ale lui Newton.

Aspectul cel mai puţin satisfăcător al acestui sistem teoretic (lăsând la o parte dificultăţile implicate de conceptul de „spaţiu absolut", rediscutate în ultima vreme) apare în special în teoria luminii, pe care Newton o concepea, în conformitate cu sistemul său, ca fiind compusă din puncte materiale, încă de pe atunci se punea acut întrebarea: ce devin punctele materiale din care e compusă lumina arunci când aceasta este absorbită? Introducerea unor puncte materiale de tipuri diferite, postulate pentru a reprezenta materia ponderabilă, pe de o parte, şi lumina, pe de altă parte, nu putea constitui o soluţie satisfăcătoare. Mai târziu acestora li s-au adăugat corpusculii electrici ca un al treilea tip, având, la rândul lui, caracteristici fundamental diferite. O altă slăbiciune a fundamentelor sistemului newtonian consta în aceea că forţele acţiunii reciproce prin care sunt determinate evenimentele trebuiau admise ipotetic într-o manieră absolut arbitrară. Cu toate acestea, concepţia newtoniană asupra realităţii a fost deosebit de fecundă; cum se face că oamenii de ştiinţă s-au simţit tentaţi s-o abandoneze?

Pentru a putea da în general o formă matematică

sistemului său, Newton a trebuit să inventeze noţiunea de derivată şi să stabilească legile mişcării în forma ecuaţiilor diferenţiale totale – realizând astfel, poate, cel mai mare progres îngăduit gândirii vreunui om. Ecuaţiile diferenţiale parţiale nu erau necesare pentru aceasta; de aceea Newton nu le-a folosit în mod sistematic. Ele au devenit însă necesare pentru formularea mecanicii corpurilor deformabile, datorită faptului că, în aceste probleme, modul în care se presupunea că respectivele corpuri sunt construite din puncte materiale nu avea nicio importanţă.

58

Astfel, ecuaţia diferenţială parţială a intrat în fizica teoretică în chip de servitoare, pentru a deveni treptat stăpână.

Aceasta a început în secolul al XIX-lea, când, sub presiunea faptelor observate, s-a impus teoria ondulatorie a luminii. Lumina în spaţiul vid a fost interpretată prin vibraţiile eterului şi se părea că nu are niciun rost ca, la rândul său, eterul să fie conceput şi el ca un conglomerat de puncte materiale. Aici ecuaţia diferenţială parţială a apărut pentru prima oară ca expresia naturală a elementarului în fizică. Astfel câmpul continuu a intervenit, într-un domeniu particular al fizicii teoretice, alături de punctul material, ca reprezentant al realităţii fizice. Acest dualism se păstrează şi astăzi, apărând ca un factor deranjant pentru orice spirit sistematic.

Dacă ideea de realitate fizică a încetat de a mai fi pur şi simplu atomistă, ea a rămas totuşi, înainte de toate, pur *mecanică*; s-a încercat în continuare să se interpreteze orice fenomen ca o mişcare a maselor inerte, ba chiar se părea că nici nu s-ar putea imagina un alt fel de a privi lucrurile. Arunci a intervenit marea schimbare, care va rămâne legată de numele lui Faraday, Maxwell şi Hertz. Partea leului în această revoluţie i-a revenit lui Maxwell. El a arătat că tot ceea ce se cunoştea atunci despre lumină şi despre fenomenele electromagnetice se exprimă în bine cunoscutul său dublu sistem de ecuaţii diferenţiale parţiale, în care câmpurile electric şi magnetic apăreau ca

variabile dependente, într-adevăr, Maxwell a încercat să fundamenteze, respectiv să justifice, aceste ecuaţii cu ajutorul modelelor (construcţiilor) mecanice ideale.

El s-a servit în acelaşi timp de mai multe asemenea construcţii fără a lua prea în serios vreuna dintre ele, astfel încât ecuaţiile păreau să fie lucrul esenţial, iar forţele câmpurilor ce interveneau în acestea deveneau entităţi elementare ireductibile.2 La răscrucea secolelor, concepţia asupra câmpului electromagnetic ca entitate ultimă se impusese deja într-o manieră generală, teoreticienii cei mai riguroşi nemaiacordând încredere justificării sau posibilităţii de fundamentare mecanică a ecuaţiilor lui Maxwell, în ultima vreme s-a încercat chiar, invers, să se explice punctele materiale şi inerţia lor în cadrul teoriei lui Maxwell cu ajutorul ideilor de

câmp, fără ca aceste eforturi să fi fost însă încununate de un succes definitiv.3

Dacă, făcând abstracţie de rezultatele *particulare* importante pe care munca de o viaţă a lui Maxwell le-a adus în principalele domenii ale fizicii, ne vom concentra atenţia asupra schimbării provocate de el în concepţia asupra naturii realităţii fizice, am putea spune: înainte de Maxwell oamenii concepeau realitatea fizică – în măsura în care aceasta se presupune că reprezintă fenomene naturale – ca puncte materiale ale căror modificări nu constau decât în mişcări supuse ecuaţiilor diferenţiale totale*; după Maxwell, realitatea fizică este concepută ca fiind reprezentată de câmpuri continue, inexplicabile în termeni mecanici, supuse ecuaţiilor diferenţiale parţiale. Această schimbare a conceptului de realitate este cea mai profundă şi fertilă schimbare care s-a produs în fizică după Newton. Trebuie totuşi să admitem că această idee programatică n-a fost încă realizată pe deplin. Teoriile fizice stabilite cu succes după aceea reprezintă mai degrabă un gen de compromis între aceste două programe, şi tocmai din cauza acestui caracter de compromis ele poartă amprenta provizoriului şi incompletitudinii logice,

deşi fiecare, luată în sine, a realizat mari progrese.

Aici trebuie menţionată mai întâi teoria electronică a lui

Lorentz, în care corpusculii electrici şi câmpul apăreau, paralel, ca elemente de valoare egală pentru înţelegerea realităţii. Au urmat teoria specială şi teoria generală a relativităţii care, deşi se bazează în întregime pe considerarea ideilor teoriei câmpului, n-au putut evita introducerea independentă a punctelor materiale şi a ecuaţiilor diferenţiale totale.4

Ultima creaţie cu cel mai mare succes a fizicii teoretice, mecanica cuantică, diferă în fundamentele ei în mod principial de ambele programe pe care le vom numi, pe scurt, newtonian şi maxwellian. Deoarece mărimile care apar în legile ei nu pretind să descrie *însăşi* realitatea fizică, ci doar *probabilităţile* apariţiei unei realităţi fizice avute în vedere. Dirac, căruia îi datorăm, după opinia mea, cea mai desăvârşită expunere a teoriei din punct de vedere logic, indică pe bună

În original apare expresia „parţiale” („partielles”) (*n.t.*).

dreptate faptul că va fi probabil dificil să se ofere o descriere teoretică *a* unui foton în aşa fel încât ea să ne dea informaţia suficientă pentru a decide dacă el va trece sau nu printr-un polarizor dispus (transversal) în calea sa.

Eu însă continui să cred că fizicienii nu se vor mulţumi multă vreme cu o asemenea descriere indirectă a realităţii, nici chiar dacă s-ar reuşi adaptarea satisfăcătoare a teoriei la postulatul relativităţii generale, în acest caz, s-ar putea să se revină la încercarea de a realiza un program pe care l-am putea denumi foarte nimerit maxwellian – şi anume, descrierea realităţii fizice prin câmpuri ce satisfac ecuaţii diferenţiale parţiale fără singularităţi.5

NOTE

1. Aceasta este prima formulare a *credo-ului* epistemologic al lui

Einstein, despre care va scrie în autobiografia sa intelectuală că s-a conturat „mai târziu şi încet” şi că „nu corespunde punctului de vedere pe care l-am adoptat în anii mai tineri”. Caracteristice pentru concepţia realistă a lui Einstein asupra cunoaşterii fizice, aşa cum este ea formulată în acest text, sunt trei motive. Mai întâi, observaţia că simţurile ne dau numai o informaţie indirectă asupra realităţii, care poate fi cunoscută numai pe cale „speculativă” (raţională), în al doilea rând, identificarea realităţii fizice cu lumea exterioară, în al treilea rând, concluzia că, de vreme ce teoriile nu pot fi derivate din fapte, ci sunt produsul imaginaţiei creatoare a cercetătorului, o descriere teoretică perfectă, definitivă, a realităţii fizice nu va fi nicicând posibilă. Pentru dezvoltarea acestor teme, vezi îndeosebi *Fizica şi realitatea*, *Observaţii asupra teoriei cunoaşterii a lui Bertrand Russell*, *Note autobiografice* şi *Observaţii asupra articolelor reunite în acest volum*.

2. În alt text, *Fizica şi realitatea*, Einstein apreciază că prin opera lui Maxwell câmpul continuu şi-a făcut loc mai mult inconştient ca

„Reprezentant al realităţii fizice”. Aceasta deoarece marele fizid. În englez a rămas ataşat în gândirea lui conştientă de ideea e; 1 pl n în tele materiale ale mecanicii newtoniene constituie baza în l nu, i ialităţi fizice. Maxwell a încercat să construiască modele mrc. niliv ale eterului.

3. Programul teoriei unitare a câmpului, la care-l \\ în lmi Iu. >. îi.

În perioada în care a scris acest text, umiiliiM Inimi! h iii.

acestei idei. Einstein omagiază în Maxwell pe cercetătorul în a cărui operă vede prima licărire a ideii unificării cunoaşterii fizice pe baza câmpului continuu, o idee care a orientat întreaga activitate a creatorului teoriei relativităţii, ca cercetător al naturii.

4. Aceste observaţii indică foarte limpede de ce credea Einstein că numai o teorie generală a câmpului va

însemna desăvârşirea acelei linii de gândire care a fost inaugurată de teoria câmpului a lui

Maxwell şi continuată de teoria relativităţii. Pentru Einstein teoria generală a relativităţii constituia o treaptă importantă, dar numai o treaptă, pe calea spre acest ţel.

5. Pentru o reluare a acestei aprecieri, vezi *Fundamentele fizicii teoretice*.

EPILOG:

UN DIALOG SOCRATIC

Interlocutori: Einstein – Max Planck – Murphy

Notă: Textul care urmează reprezintă o prescurtare a unor însemnări stenografice făcute de un secretar însoţitor în timpul diverselor convorbiri.

Murphy: Lucrez împreună cu prietenul nostru Planck la o carte ce se ocupă în principal de problema cauzalităţii şi a liberului arbitru.

Einstein: îţi spun cinstit că nu înţeleg ce au în vedere oamenii când vorbesc de liber arbitru. Eu simt, de exemplu, că vreau un lucru sau altul: dar nu pot pricepe câtuşi de puţin ce legătură are asta cu libertatea. Simt că vreau să-mi aprind pipa şi o fac; dar cum pot să leg lucrul acesta de ideea de libertate? Ce stă în spatele actului de *a voi* să aprinzi pipa?

Un alt act de voinţă? Schopenhauer a spus odată: *Der Mensch kann, was ei will; ei kann aber nicht wollen, was ei will* (Omul poate face ceea ce vrea, dar nu poate să vrea ceea ce vrea).

Murphy: Acum însă este la modă în fizică să se atribuie un fel de liber arbitru până şi proceselor obişnuite din lumea anorganică.

Einstein: Această absurditate nu e doar o simplă absurditate. Ci este o absurditate supărătoare.

Murphy: Oamenii de ştiinţă, fireşte, îi dau numele de indeterminism.

Einstein: Ascultă! „Indeterminism” e o noţiune cu totul ilogică. Ce înţeleg ei prin indeterminism? Dacă spun că durata medie de viaţă a unui atom radioactiv este de atâta, acesta e un enunţ ce exprimă o anumită ordine, o

*Gesetzlichkeit**.

Dar această idee nu implică prin ea însăşi ideea de cauzalitate. Noi o numim legea mediilor; dar nu orice lege de acest fel trebuie să aibă neapărat o semnificaţie cauzală, în acelaşi

— Legitate (*n.t.*).

timp, dacă spun că durata medie de viaţă a unui asemenea atom este nedeterminată în sensul de a nu avea o cauză, spun un nonsens. Pot să spun că o să mă întâlnesc mâine cu dumneata la un moment nedeterminat. Dar aceasta nu înseamnă că timpul nu este determinat. Fie că eu vin sau nu, timpul va veni. Aici este în joc confuzia ce se face uneori între lumea subiectivă şi lumea obiectivă. Indeterminismul ce aparţine fizicii cuantice este un indeterminism subiectiv. El trebuie să fie legat de ceva, altfel indeterminismul n-are niciun sens;

şi aici el se leagă de propria noastră incapacitate de a urmări traiectoriile atomilor individuali şi de a prevedea comportarea lor.1 A spune că sosirea unui tren la Berlin este nedeterminată înseamnă a spune un nonsens dacă nu spui în raport cu ce este nedeterminată. Dacă trenul soseşte, sosirea e determinată de ceva. Acelaşi lucru este valabil despre traiectoriile atomilor.

Murphy: în acest sens deci aplici dumneata naturii determinismul? în sensul că orice eveniment din natură provine dintr-un alt eveniment, pe care îl numim cauza lui?

Einstein: Nu mi-aş formula ideea chiar în aceşti termeni, în primul rând, cred că neînţelegerile care se întâlnesc în problema cauzalităţii se datorează în bună parte formulării prea rudimentare a principiului cauzalităţii, aflată în circulaţie până în prezent. Când Aristotel şi scolasticii au definit ceea ce ei înţelegeau prin cauză, ideea de experiment obiectiv în sens ştiinţific nu apăruse încă. Aşa se face că ei s-au mulţumit cu definirea conceptului metafizic de cauză. Acelaşi lucru este adevărat despre Kant. Newton însă pare a-şi fi dat seama că această formulare preştiinţifică a principiului cauzal avea să se

dovedească insuficientă pentru fizica modernă. Şi el s-a mulţumit să descrie ordinea regulată în care se petrec evenimentele în natură şi să construiască sinteza sa pe bază de legi matematice, în ce mă priveşte, cred că evenimentele din natură sunt controlate de legi mult mai stricte şi mai inflexibile (*dosely binding*) decât ne închipuim astăzi când spunem că un eveniment este *cauza* unui alt eveniment. Acest concept al nostru este limitat la ceva ce se petrece înăuntrul unei secţiuni temporale, fiind rupt de procesul întreg.2 Această aplicare *grosso modo* a principiului cauzal este cât se poa’

64

l te de superficială. Suntem ca un copil care judecă un poem după rimă, neştiind nimic despre structura ritmică. Sau ca un învăţăcel la pian, care abia izbuteşte să lege o notă de cea imediat anterioară sau următoare. Până la un punct, aceasta poate să fie foarte bine când avem de-a face cu compoziţii foarte simple şi primitive; dar nu mai merge în interpretarea unei fugi de Bach. Fizica cuantică ne-a adus în faţă procese foarte complexe şi, pentru a le putea înţelege, trebuie să lărgim şi să mai rafinăm conceptul nostru de cauzalitate.

Murphy. Ar fi o treabă ingrată, fiindcă ai fi în răspăr cu moda. Dacă-mi dai voie, aş cuvânta şi eu puţin, nu atât fiindcă-mi place să mă aud vorbind, deşi îmi place şi asta – care-i irlandezul să nu-i placă? –, cât pentru că vreau să aflu reacţiile dumitale la ceea ce voi spune.

Einstein: *Gewiss*.

Murphy: Grecii au făcut din lucrarea fatalităţii sau a destinului baza dramei lor; iar drama era pe atunci o expresie liturgică a conştiinţei care percepe într-un mod profund iraţional. Nu era o simplă discuţie, ca într-o piesă de Bernard

Shaw. Vă amintiţi de tragedia lui *Atreu*, unde fatalitatea sau şirul ineluctabil de cauze şi efecte este singurul fir simplu de care atârnă drama.

Einstein: Fatalitatea sau destinul nu sunt acelaşi lucru cu cauzalitatea.

Murphy: Ştiu asta. Dar oamenii de ştiinţă trăiesc în lume la fel ca ceilalţi oameni. Unii dintre ei se duc la întruniri politice şi la teatru şi aproape toţi cei pe care eu îi cunosc, cel puţin aici în Germania, citesc literatura curentă. Ei nu se pot sustrage influenţei mediului** în care trăiesc. Iar pentru acest mediu este în prezent foarte caracteristică lupta de eliberare din lanţul cauzal în care este prinsă lumea.

Einstein: Dar n-a luptat omenirea totdeauna pentru a se elibera din acest lanţ cauzal?

Murphy: Da, însă nu asta ne interesează pentru ceea ce vreau să spun. Oricum, mă îndoiesc că politicianul meditează vreodată la consecinţele şirului cauzal pe care-l de

— Fireşte (*n.t.*).

** în original *milieu* (*n.t.*}.

dansează cu nebunia sa. El însuşi este foarte agil şi poate să se strecoare printre verigile lanţului. Macbeth n-a fost politician. Şi tocmai de aceea nu i-a mers. El a înţeles că asasinatul s-ar putea să rămână fără urmări pentru el. Numai că nu s-a gândit cum să se smulgă din lanţul consecinţelor înainte de a fi prea târziu. Şi asta fiindcă nu era politician.

Ceea ce vreau să spun este că în momentul de faţă există o recunoaştere universală a acestei înlănţuiri inexorabile. Oamenii înţeleg ceea ce le-a spus demult Bernard Shaw – lucrul, fireşte, a mai fost spus şi înainte de nenumărate ori – când a scris *Cezar şi Cleopatra*. Îţi aminteşti cuvintele pe care le adresează Cezar reginei Egiptului după ce ordinul ei de ucidere a lui Pothinus a fost executat, cu toate că Cezar garantase că acesta va fi în siguranţă.

„Îi auzi?", spune Cezar. „Toţi aceştia, care bat la poarta ta, cred de asemenea în trădare şi în ucidere. Le-ai omorât conducătorul; este drept ca, la rândul lor, să te ucidă. Dacă te îndoieşti cumva, întreabă pe aceşti patru sfetnici ai tăi, aici de faţă. Şi apoi, în numele acestui

«drept» […] nu va trebui eu să-i omor pentru că şi-au asasinat regina, iar apoi să fiu omorât, la rândul meu, de către concetăţenii lor fiindcă le-am cotropit patria? Iar atunci Roma va putea face altceva decât să ucidă pe aceşti ucigaşi, spre a arăta lumii că Roma ştie să-şi răzbune fiii şi onoarea? Şi aşa, până la capătul istoriei, asasinatul va zămisli asasinatul, întotdeauna în numele dreptului, al onoarei şi al păcii, până când, în sfârşit, zeii vor fi sătui de atâta sânge şi vor crea o seminţie care să ştie ce înseamnă a înţelege". *

Oamenii înţeleg astăzi acest adevăr îngrozitor – e drept, nu pentru că îşi dau seama că vărsarea de sânge naşte vărsare de sânge, ci pentru că îşi dau seama că jefuindu-ţi vecinul, te jefuieşti pe tine însuţi; căci jaful naşte jaf, întocmai cum o vărsare de sânge naşte alta. Aşa-zişii învingători din război i-au jefuit pe învinşi, iar acum observă că, făcând aşa, s-au jefuit pe ei înşişi. Aşa se face că acum domneşte pre

— Fragmentul din piesa lui Bernard Shaw este redat după traducerea în limba română (de Petru Comarnescu) apărută în colecţia Biblioteca pentru toţi, Editura pentru Literatură, Bucureşti, 1963, pp. 132 – 133 (*n.t.*).

tutindeni sărăcia şi suferinţa. Mulţi oameni văd că aşa stau lucrurile, dar n-au curajul să înfrunte acest adevăr, ci *aleargă*, ca Macbeth, la căldarea vrăjitoarei, în cazul de faţă ştiinţa este, din nefericire, unul din ingredientele ce se aruncă în căldare pentru a le da solventul căutat, în loc să recunoască deschis harababura, tragedia, crima, toată lumea vrea să-şi dovedească inocenţa şi caută dovada încercând să găsească un alibi pentru consecinţele propriilor fapte. Uită-te la acel cortegiu de flămânzi care vin zilnic la uşa ta să ceară pâine. Bărbaţi zdraveni, dornici să beneficieze de privilegiul omului de a munci. Alţii ca ei defilează pe străzile Londrei, purtând pe piept Medalii pentru Comportare Exemplară, strigând să li se dea pâine. Acelaşi spectacol vezi la New York, Chicago.

Roma şi Torino. Insul comod ce şade în fotoliul său confortabil îşi zice: „Asta n-are nimic de-a face cu noi”. O spune ştiind că nu acesta este adevărul. Apoi ia o carte de popularizare a fizicii şi scoate un suspin de uşurare aflând de acolo că natura nu cunoaşte legea consecinţelor. Ce vrei mai mult? Asta e Ştiinţa; iar Ştiinţa este corespondentul modern al religiei. Acest *bourgeois* comod al dumitale este cel care a înzestrat instituţiile şi laboratoarele ştiinţifice. Şi, orice ai spune, savanţii n-ar fi oameni dacă nu s-ar împărtăşi şi ei, cel puţin inconştient, din acelaşi spirit.3

Einstein: *Ach, das kann mân nicht sagen*.

Murphy: Ba da. Avem tot dreptul s-o spunem, îţi aminteşti de imaginea pe care chiar dumneata ai zugrăvit-o odată a celor preocupaţi de ei înşişi în templul ştiinţei, oameni despre care admiţi că au construit chiar o mare parte din edificiul ei, dar spui, pe de altă parte, că îngerul din ceruri i-a cruţat pe câţiva, înclin să cred că lupta ştiinţei constă actualmente în efortul de a feri schema ei de gândire de confuzia pe care spiritul popular tinde s-o introducă în ea. Seamănă îndeaproape cu lupta pe care au dus-o vechii teologi, în Renaştere însă aceştia au cedat modei epocii şi au introdus în ştiinţa lor idei şi metode străine, ceea ce a dus în final la prăbuşirea scolasticii.

Ah, asta nu se poate spune (*n.t.*}.

67

Declinul scolasticii datează din momentul când mulţimea s-a apucat să alerge după filosofi şi teologi. Aminteşte-ţi cum lumea dădea năvală la Paris ca să-l asculte pe Abélard, deşi este evident că nu putea să înţeleagă distincţiile lui.

Linguşirea publică a contribuit mai mult la căderea lui decât simplele influenţe private. Abélard n-ar fi fost om dacă nu ar fi fost ispitit să se creadă deasupra ştiinţei sale; şi el a cedat ispitei. Nu sunt chiar atât de sigur că astăzi o seamă de savanţi nu se găsesc în aceeaşi postură. Unele din plăsmuirile strălucitoare pe care ei le ţes par foarte asemănătoare cu distincţiile sofistice ale decadentei scolastice.

Filosofii şi teologii mai vechi erau conştienţi de acest pericol şi au căutat o cale de a-l contracara. Ei aveau corpurile lor de doctrină esoterică ce erau dezvăluite numai celor iniţiaţi. Acelaşi gen de protecţie îl putem observa astăzi în alte ramuri ale culturii. Biserica catolică a procedat înţelept menţinându-şi ritualul şi dogmele în formele şi formulările unui limbaj pe care masa credincioşilor nu-l înţelege. Sociologii şi experţii financiari au un jargon pe care numai ei îl pricep şi care le permite să nu-şi divulge secretele, într-un mod asemănător este susţinută majestatea Legii, iar arta medicală n-ar putea supravieţui dacă ar prescrie medicamentele şi ar descrie bolile în limbajul de fiecare zi. Dar toate acestea nu contează, fiindcă niciuna din aceste ştiinţe sau arte sau meşteşuguri nu este vitală. Ştiinţa fizicii este organic vitală în momentul de faţă şi din acest motiv pare a suferi de…

Einstein: Nimic nu mi se pare însă mai contestabil decât ideea unei ştiinţe făcute pentru oamenii de ştiinţă. Este ceva aproape la fel de rău ca o artă făcută pentru artişti sau ca o religie făcută pentru preoţi. Neîndoielnic că este ceva în ceea ce spui. Şi cred că obiceiul azi la modă de a aplica axiomele ştiinţei fizice la viaţa umană este nu numai total greşit, dar are în el ceva condamnabil. Găsesc că problema cauzalităţii, despre care se discută azi în fizică, nu este un fenomen nou în domeniul ştiinţei. Metoda folosită astăzi în fizica cuantică a trebuit mai demult să fie aplicată în biologie, pentru că procesele biologice din natură nu puteau fi urmărite în aşa fel încât conexiunea lor să fie clară şi din acest motiv regulile biologice au avut întotdeauna un caracter statistic. Şi nu

68

Înţeleg de ce ar trebui stârnită atâta zarvă dacă se impune o restrângere a principiului cauzalităţii în fizica modernă, de vreme ce o asemenea situaţie nu e câtuşi de puţin nouă.4

Murphy: Fireşte că nu este o situaţie nouă; dar în prezent ştiinţa biologică nu e atât de vitală cum este ştiinţa fizică. Pe oameni nu-i mai preocupă atât de mult dacă

descindem sau nu din maimuţe, cu excepţia unor pasionaţi de regnul animal, care consideră că prin ideea descendenţei omului din maimuţă se face o mare nedreptate maimuţelor. Nu mai există astăzi acel interes public pentru biologie de pe vremea lui Darwin şi Huxley. Centrul de greutate al interesului public s-a deplasat spre fizică. Acesta e motivul pentru care publicul reacţionează în felul său la orice nouă formulare din fizică.

Einstein: Sunt întru totul de acord cu prietenul nostru

Planck în privinţa poziţiei adoptate faţă de acest principiu, dar trebuie să-ţi aminteşti ce-a spus şi a scris Planck. El admite imposibilitatea de a aplica, în actuala stare de lucruri, principiul cauzal la procesele interne din fizica atomică; dar este hotărât împotriva tezei că din această *Unbrauchbarkeit* sau inaplicabilitate ar trebui să conchidem că procesul cauzării nu există în realitatea externă. De fapt, Planck n-a adoptat în această din urmă chestiune un punct de vedere deplin formulat. El a contrazis doar susţinerile emfatice ale unora dintre teoreticienii mecanicii cuantice, şi eu sunt întru totul de acord cu el. Iar când dumneata îmi citezi oameni care vorbesc de liber arbitru în natură, îmi vine greu să găsesc o replică potrivită. Ideea e, firește, absurdă.

Murphy: îmi închipui deci că ai fi de acord că fizica nu oferă niciun fel de temeiuri pentru această aplicare extraordinară a ceea ce pentru comoditate am putea numi principiul indeterminării.

Einstein: Fireşte că sunt de acord.

Murphy: Totuşi ştii că anumiţi fizicieni englezi de foarte mare prestigiu şi care se bucură totodată de o mare popularitate au susţinut în mod energic ceea ce dumneata şi Planck, ca şi mulţi alţii, numiţi concluzii neîntemeiate.5

Einstein: Trebuie să faci deosebire între fizician şi *litterateur* atunci când cele două profesii se îmbină în aceeaşi per

soană. Voi aveţi în Anglia o mare literatură engleză şi

o mare disciplină a stilului.

Murphy: Literatura detestă acel *amor intelledualis* pentru adevărul logic, care pasionează pe omul de ştiinţă. Poate că omul de ştiinţă englez îşi schimbă culoarea în pajiştile literare pentru ca, asemeni omizii de pe frunză, să nu poată fi recunoscut.

Einstein: Ceea ce vreau să spun este că există în Anglia autori cu formaţie ştiinţifică şi care în cărţile lor de popularizare devin ilogici şi romantici, pe când în munca lor ştiinţifică păstrează rigoarea raţionamentului logic.

Ceea ce urmăreşte omul de ştiinţă este să obţină o descriere logic coerentă a naturii. Logica este pentru el ceea ce pentru pictor sunt legile proporţiei şi ale perspectivei, iar eu cred, împreună cu Poincaré, că merită trudit pe tărâmul ştiinţei pentru că ea ne dezvăluie frumuseţea naturii. Aş spune, legat de aceasta, că omul de ştiinţă îşi află răsplata în ceea ce Henri

Poincaré numeşte bucuria înţelegerii şi nu în aplicaţiile la care poate să ducă o descoperire sau alta. Eu cred că omul de ştiinţă e mulţumit să construiască o imagine perfect armonioasă pe un eşafodaj matematic şi este întru totul satisfăcut să lege între ele, prin formule matematice, diferitele ei părţi fără a se întreba dacă şi în ce măsură acestea sunt o dovadă că legea cauzalităţii acţionează în lumea externă.

Murphy: Aş vrea, d-le profesor, să-ţi atrag luarea-aminte asupra unui fenomen ce se produce uneori aici pe lac când faci plimbări cu iahtul dumitale. Fireşte, e un fenomen ce nu survine prea des pe apele liniştite ale lacului Capulh, fiindcă de jur-împrejurul său e câmpie şi de aceea nu se stârnesc pe neaşteptate vijelii. Dacă te afli însă cu o barcă cu pânze pe unul din lacurile noastre din nord, rişti oricând să întâlneşti un curent de aer neaşteptat, a cărui rafală să te răstoarne. Vreau să sugerez prin asta că pozitivistul ar putea foarte lesne aici să te ia la ochi şi să te surprindă între vânt şi apă.

Dacă spui că omul de ştiinţă se mulţumeşte să asigure constructului său mental armătura logicii

matematice, vei fi citat numaidecât în sprijinul idealismului subiectiv propagat de oameni de ştiinţă moderni de felul lui Sir Arthur Eddington.

Einstein: Dar ar fi ridicol.

70

Murphy: Desigur că ar fi o concluzie neîntemeiată; numai că în presa britanică ai fost deja frecvent citat ca adept al teoriei după care lumea externă e un derivat al conştiinţei.

A trebuit să atrag atenţia asupra acestui fapt unui prieten de-al meu din Anglia, dl Joad, care a scris o foarte izbutită carte intitulată *Aspectele filosofice ale ştiinţei*. Cartea polemizează cu atitudinile adoptate de Sir Arthur Eddington şi Sir James

Jeans, iar numele dumitale este menţionat printre cei ce sprijină teoriile lor.

Einstein: Niciun fizician nu gândeşte aşa. Pentru că atunci n-ar fi fizician. Nu gândesc aşa nici fizicienii pe care i-ai menţionat. Trebuie să faci deosebire între modă literară şi rostire ştiinţifică. Aceşti oameni sunt savanţi autentici, iar formulările lor literare nu trebuie considerate drept expresii ale convingerilor lor ştiinţifice. De ce s-ar mai osteni cineva să scruteze stelele dacă n-ar crede că ele există cu adevărat.6 Aici sunt în întregime de acord cu Planck. Nu putem dovedi logic existenţa lumii externe, întocmai cum dumneata nu poţi dovedi logic că eu stau acum de vorbă cu dumneata sau că mă aflu aici. Dar ştii bine că mă aflu aici şi niciun idealist subiectiv nu te va putea convinge de contrariul.

Murphy: Această chestiune a fost integral elucidată cu mult timp în urmă, de către scolastici, şi nu mă pot împiedica să cred că lumea ar fi fost scutită de o bună parte din confuzia apărută în secolul al nouăsprezecelea şi care dăinuie şi astăzi, dacă în secolul al şaptesprezecelea nu s-ar fi produs o ruptură atât de adâncă cu tradiţia filosofică. Scolasticii au soluţionat foarte clar problema fizicianului modern spunând despre imaginile mentale ale realităţii externe că există *fundamentaliter in re*,

formaliter în mente.

Nu-mi mai amintesc cum s-a întrerupt discuţia asupra acestei probleme, în stenogramă, alineatul următor începe cu

PLANCK.

— Ultimele câteva pagini din originalul „dialogului socratic” cuprind o discuţie între Planck şi Murphy, fără o legătură directă cu opiniile exprimate până aici de Einstein. De aceea nu le-am tradus pentru volumul de faţă (*n.t.*).

71

NOTE

1. Acest text exprimă, poate mai clar şi mai net decât oricare altul, punctul de vedere al lui Einstein în mult discutata problemă a determinismului cuantic. Determinismul strict pare să fie pentru

Einstein o idee regulativă pe care nu o poate clinti nicio experienţă. El nu crede că relaţiile de nedeterminare ale lui Heisenberg ar impune reconsiderarea concepţiei statornicite asupra determinismului naturii. O abatere de la determinismul strict, ceea ce se desemnează de obicei prin termenul *indderminism*, nu poate fi niciodată o trăsătură a naturii. „Indeterminiştii” ar transfera asupra naturii anumite insuficienţe temporare ale cunoaşterii noastre despre natură. Punctul de vedere susţinut de Einstein în acest text este un punct de vedere în esenţă laplacean.

2. Determinarea evenimentelor fizice prin legi de câmp este caracterizată drept una mai „strictă” decât cea pe care o exprimă principiul comun al cauzalităţii. Autorul crede de asemenea că determinarea evenimentelor prin legi de câmp este mai cuprinzătoare decât acea determinare pe care o exprimă o relaţie cauzală între două evenimente ce se succedă în timp.

3. Această explicaţie a reacţiei negative a mediului cultural al vremii faţă de ideea universalităţii determinării cauzale aduce aminte de o încercare mai recentă de a explica tendinţa unor fizicieni de a slăbi principiul

determinismului ca rezultat al influenţei unei mişcări de idei care s-a impus în Germania după primul război mondial, într-un mult discutat articol al lui P. Forman, *Weimar*

Culture, Causality and Quantum Theory, 1918 – 1927, publicat în 1971, indeterminismul în mecanica cuantică este pus în relaţie cu tendinţele iraţionaliste ce dominau atmosfera spirituală a epocii. Forman susţine că ofensiva curentului de gândire mistic şi romantic al vremii împotriva spiritului ştiinţific, considerat drept mecanicist şi raţionalist, s-a concentrat asupra principiului cauzalităţii. El apreciază că interpretarea statistică a mecanicii cuantice ar putea fi înţeleasă mai bine drept o concesie făcută de fizicieni tendinţei iraţionaliste dominante. „Deşi acordul de a vedea procesele atomice ca implicând un «eşec al cauzalităţii» s-a dovedit şi a rămas o abordare fertilă – scrie Forman – înainte de introducerea unei mecanici cuantice raţionale acauzale, tendinţa de a renunţa la cauzalitate exprimă mai puţin un program de cercetare cât o propunere de a sacrifica fizica, de fapt întreprinderea ştiinţifică, *Zeitgeist-ului*

(spiritul timpului)”. (Vezi *Historical Studies in the Physical Science*, nr. 3, p. 112.)

72

4. Acest pasaj arată clar cât de departe mergea Einstein în contestarea noutăţii situaţiei conceptuale create în fizică prin formularea relaţiei de nedeterminare. El considera că aici, ca şi în alte cazuri, formularea unei regularităţi cu caracter statistic suplineşte imposibilitatea de a descrie situaţia reală prin legi stricte.

5. Este o aluzie clară la lucrări de filosofia ştiinţei, destinate unui public larg, care au fost publicate în acea vreme de cunoscuţii oameni de ştiinţă englezi A. Eddington şi J. Jeans. Pe marginea lor se discuta foarte mult în anii când a avut loc această convorbire.

6. Einstein exprimă deosebit de clar opinia că orice cercetător al naturii este în mod spontan un realist, în sensul că atribuie obiectelor cercetării o existenţă

independentă de experienţă. Este îndoielnic însă că Eddington şi Jeans ar fi susţinut ca scriitori lucruri în care nu credeau câtuşi de puţin ca cercetători ai naturii, aşa cum afirmă Einstein. În acest text Einstein formulează probabil pentru prima dată aderenţa sa fără echivoc la concepţia realistă apărată în acel timp de Planck, o temă care va ocupa un loc tot mai însemnat în reflecţiile filosofice din ultima perioadă a vieţii sale. Lui M. Solovine.

Einstein îi scria la 10 aprilie 1938: „Tot astfel cum în vremea lui Mach domina într-un mod dăunător un punct de vedere materialist dogmatic, în zilele noastre domină într-un mod excesiv punctul de vedere subiectivist şi pozitivist”. (op. cit., p. 71). Einstein socotea că se impune combaterea acestei tendinţe în primul rând deoarece ea ameninţă dezvoltarea sănătoasă a gândirii ştiinţifice.

DESPRE METODA FIZICII TEORETICE

Dacă doriţi să învăţaţi de la fizicienii teoreticieni ceva despre metodele pe care le folosesc, vă propun să urmaţi principiul: nu le ascultaţi cuvintele, observaţi faptele lor.1 Deoarece produsele propriei sale imaginaţii îi apar celui care este un creator în acest domeniu atât de necesare şi naturale încât el le consideră – şi ar dori ca şi alţii să le considere tot astfel

— Nu ca plăsmuiri ale gândirii, ci ca realităţi date.

Aceste cuvinte par menite să vă determine să părăsiţi această conferinţă; veţi spune: cel care vă vorbeşte este şi el un fizician ce construieşte; de aceea ar trebui şi el să lase reflecţia asupra structurii ştiinţei teoretice în seama epistemologilor.

Împotriva unei asemenea obiecţii m-aş putea apăra dintr-un punct de vedere personal, asigurându-vă că nu a fost o iniţiativă a mea, ci o invitaţie amabilă de a urca la această catedră dedicată memoriei unui om care a luptat întreaga viaţă pentru unitatea cunoaşterii. Din punct de vedere obiectiv, strădania mea ar putea fi justificată totuşi prin interesul pe care l-ar putea prezenta cunoaşterea modului în care gândeşte asupra ştiinţei sale un om care o viaţă întreagă şi-a consacrat toate forţele clarificării şi

perfecţionării principiilor ei. Modul în care el priveşte trecutul şi prezentul acestei ştiinţe poate să depindă prea mult de ceea ce el aşteaptă de la viitor şi aspiră să realizeze în prezent; dar aceasta este soarta inevitabilă a oricărui om angajat intens într-o lume a ideilor. El se află în aceeaşi situaţie cu istoricul, care, de asemenea, ordonează evenimentele reale – chiar dacă, poate, inconştient – conform idealurilor pe care şi le-a format cu privire la societatea umană.2

Să aruncăm o privire rapidă asupra dezvoltării sistemului teoretic, concentrându-ne atenţia asupra relaţiei dintre conţinutul teoriei şi totalitatea faptelor experienţei. Aveam de-a face – în propriul nostru domeniu – cu eterna opoziţie între cele două componente inseparabile ale cunoaşterii, empiria şi raţiunea.

Cu toţii admirăm Grecia antică drept leagăn al ştiinţei apusene. Acolo, pentru prima oară a fost creat miracolul raţional al unui sistem logic ale cărui enunţuri se deduceau cu atâta precizie încât niciuna dintre propoziţiile demonstrate nu admitea nici cea mai mică îndoială – geometria lui Euclid. Acest triumf admirabil al raţiunii i-a dat spiritului uman încrederea în sine necesară pentru realizările ulterioare. Cel care, în tinereţea sa, n-a fost entuziasmat de această operă nu s-a născut pentru a deveni om de ştiinţă teoretician.

Dar, pentru a fi la nivelul unei ştiinţe ce năzuieşte să reprezinte realitatea, era nevoie de o a doua cunoştinţă fundamentală, care, până la Kepler şi Galilei, nu devenise încă un bun comun al filosofilor. Prin simpla gândire logică nu putem dobândi nicio cunoaştere asupra lumii experienţei; orice cunoaştere a realităţii porneşte de la experienţă şi se împlineşte în ea.

Propoziţiile obţinute exclusiv prin mijloace logice sunt, în raport cu realitatea, complet vide. Tocmai pentru că a recunoscut acest fapt şi, în special, pentru că l-a impus în lumea ştiinţei, Galilei a devenit fondatorul fizicii moderne, ba chiar al ştiinţei moderne în general.3

Dacă experienţa este începutul şi sfârşitul întregii noastre cunoaşteri privitoare la realitate, ce funcţie îi revine arunci raţiunii în ştiinţă?

Un sistem încheiat al fizicii teoretice este alcătuit din concepte, legi fundamentale, presupuse a fi valabile pentru aceste concepte şi din concluzii obţinute prin deducţie logică.

Tocmai aceste concluzii sunt cele care trebuie să corespundă experienţelor noastre individuale. Derivarea lor logică ocupă cea mai mare parte din oricare tratat teoretic.

Lucrurile stau exact la fel ca în geometria euclidiană, cu excepţia faptului că aici legile fundamentale se cheamă axiome şi nu se pune problema corespondenţei consecinţelor logice ale teoriei cu vreun gen determinat de experienţă. Dacă

vom concepe însă geometria euclidiană ca ştiinţă a relaţiilor reciproce posibile ale corpurilor practic rigide în spaţiu, cu alte cuvinte, dacă o interpretăm ca ştiinţă fizică, fără a face abstracţie de conţinutul ei empiric originar, omogenitatea logică a geometriei şi fizicii teoretice devine completă.

Am atribuit raţiunii şi experienţei locul lor determinat în cadrul sistemului fizicii teoretice. Structura sistemului este opera raţiunii, datele experienţei şi relaţiile lor reciproce trebuie să-şi găsească reprezentarea în concluziile teoriei. Tocmai pe posibilitatea unei asemenea reprezentări se întemeiază valoarea şi justificarea întregului sistem şi, în mod special, valoarea conceptelor şi legilor fundamentale care alcătuiesc baza sa. Acestea din urmă sunt de altfel creaţii libere ale spiritului uman, care nu pot fi justificate *a priori* nici prin natura spiritului uman, nici în vreo altă modalitate.

Aceste concepte şi legi fundamentale, care nu pot fi mai departe reduse logic, constituie partea esenţială a unei teorii, care nu poate fi concepută pe cale raţională. Obiectivul principal al oricărei teorii este să facă din

aceste elemente fundamentale ireductibile pe cât posibil o mulţime minimă de elemente simple, fără a se renunţa astfel la reprezentarea adecvată a vreunui dat empiric oarecare.

Concepţia pe care am schiţat-o aici cu privire la caracterul de pură invenţie al principiilor teoriei ştiinţifice nu era nici pe departe cea dominantă în secolul al XVIII-lea, nici chiar în secolul al XIX-lea. Dar ea câştigă din ce în ce mai mult teren prin faptul că distanţa raţională între conceptele şi legile fundamentale, pe de o parte, şi, pe de altă parte, concluziile pe care trebuie să le punem în raport cu experienţa creşte mereu, pe măsură ce structura logică devine mai unitară, cu alte cuvinte, cu cât este mai mic numărul elementelor conceptuale logic independente pe care se întemeiază structura întregului sistem.4

Newton, primul creator al unui sistem cuprinzător şi efectiv al fizicii teoretice, încă mai credea că noţiunile şi legile de bază ale sistemului său ar putea fi derivate din experienţă. *Dictum-ul* său, *hypotheses nonfingo*, poate fi înţeles, probabil, în acest sens.

De fapt, în acea vreme, conceptele de spaţiu şi timp nu păreau să aibă ceva problematic, iar conceptele de masă, inerţie şi forţă şi corelaţia lor legică păreau a fi scoase direct din experienţă. De îndată ce este admisă această bază, expresia forţei gravitaţiei apărea ca derivată nemijlocit din experienţă, şi acelaşi lucru era de aşteptat şi pentru alte forţe.

Din formularea lui Newton putem deduce că ideea de spaţiu absolut, care includea în sine şi pe aceea de repaus absolut, i-a creat dificultăţi; el era conştient de faptul că, în experienţă, nimic nu părea să corespundă acestui ultim concept. De asemenea, s-a simţit stânjenit de introducerea unor forţe care acţionează la distanţă. Dar succesul practic enorm al teoriei sale l-a împiedicat, ca şi pe fizicienii secolelor al

XVIII-lea şi al XIX-lea, să accepte caracterul fictiv al principiilor sistemului său.

Dimpotrivă, majoritatea fizicienilor din acea epocă erau pătrunşi de ideea că noţiunile de bază şi legile fundamentale ale fizicii n-ar fi, din punct de vedere logic, creaţii libere ale spiritului uman, ci că ar putea fi deduse din experienţă prin

„Abstracţie", adică pe o cale logică. Recunoaşterea clară a caracterului eronat al acestei concepţii a venit doar odată cu teoria generală a relativităţii, deoarece aceasta a arătat că se poate explica domeniul respectiv de fapte ale experienţei, şi anume într-o modalitate mai satisfăcătoare şi completă, pe o bază cu totul diferită de cea newtoniană. Dar, lăsând cu totul la o parte problema superiorităţii uneia sau alteia dintre teorii, caracterul fictiv al principiilor fundamentale devine pe deplin evident din faptul că putem prezenta două principii esenţial diferite, ambele fiind în mare măsură în acord cu experienţa. Aceasta dovedeşte în acelaşi timp că orice încercare de a deduce logic conceptele de bază şi legile fundamentale ale mecanicii din experienţe elementare este sortită eşecului.

Dar dacă e adevărat că baza axiomatică a fizicii teoretice nu poate fi derivată din experienţă, ci trebuie inventată în mod liber, mai putem noi oare spera în general să găsim calea cea corectă? Sau această cale corectă nu există decât în imaginaţia noastră? Putem oare spera în general a fi ghidaţi în mod sigur de experienţă, atunci când există teorii (cum este mecanica clasică) care concordă cu experienţa într-o mare

77

măsură, chiar dacă n-au pătruns până la temeiul lucrurilor? 5

La aceasta răspund cu toată încrederea că există, după părerea mea, calea corectă şi că noi suntem în stare s-o găsim.

De altfel, după experienţa de până acum suntem îndreptăţiţi să credem că natura este o realizare a celor mai simple idei matematice pe care le putem imagina. Convingerea mea este că putem descoperi cu ajutorul unor construcţii pur matematice acele concepte şi acele

corelaţii legice dintre ele care ne oferă cheia înţelegerii fenomenelor naturale. Experienţa ne poate sugera concepte matematice utile; dar în niciun caz acestea nu pot fi deduse din ea. Experienţa rămâne, desigur, singurul criteriu al utilităţii unei construcţii matematice pentru fizică. Principiul propriu-zis creator se află însă în matematică.6 într-un anumit sens, consider aşadar adevărat faptul că gândirea pură este aptă să pătrundă realul, aşa cum au visat anticii.

Pentru a justifica această încredere sunt obligat să folosesc concepte matematice. Lumea fizică va fi reprezentată printr-un continuu cvadridimensional. Dacă vom accepta că aceasta are o metrică nemanniană şi vom căuta cele mai simple legi pe care le poate satisface o asemenea metrică, vom ajunge la teoria relativistă a gravitaţiei în spaţiul vid. Dacă în acest spaţiu vom lua un câmp de vectori, respectiv câmpul de tensori antisimetrici care se poate deduce din el şi ne vom întreba care sunt cele mai simple legi pe care le poate satisface un asemenea câmp, vom ajunge la ecuaţiile lui Maxwell ale spaţiului vid.

Aici ne lipseşte încă o teorie pentru acele părţi ale spaţiului în care densitatea electrică nu se anulează. L. de Broglie a propus ipoteza unui câmp de unde care a putut fi aplicată la interpretarea anumitor proprietăţi cuantice ale materiei.

Dirac a găsit în spinorii săi mărimi de câmp de un gen nou, ale căror ecuaţii foarte simple ne permit într-o mare măsură să deducem proprietăţile electronului. Eu am descoperit, împreună cu colaboratorul meu, că aceşti spinori reprezintă un caz particular al unui tip de câmp, legat matematic cu un sistem cvadridimensional, pe care l-am desemnat prin expresia „semivectori”. Cele mai simple ecuaţii la care pot fi supuşi aceşti semivectori oferă o cheie pentru înţelegerea exis

tentei celor două genuri de particule elementare, cu mase ponderabile diferite şi cu sarcini electrice egale, dar

de semn contrar. Aceşti semivectori sunt, după vectorii obişnuiţi, cele mai simple structuri de câmp matematice care sunt posibile într-un continuu metric cu patru dimensiuni, şi s-ar părea că ei descriu, într-o modalitate naturală, anumite proprietăţi esenţiale ale particulelor electrice elementare.

Pentru felul nostru de a vedea lucrurile este important că toate aceste construcţii şi legile care le corelează pot fi obţinute conform principiului căutării celor mai simple concepte matematice şi a legăturilor dintre ele. Pe ideea limitării varietăţii tipurilor de câmpuri simple matematic existente şi a ecuaţiilor simple care sunt posibile între ele se întemeiază speranţa teoreticianului de a pătrunde raţional realul în toată profunzimea lui.

Punctul cel mai dificil al unei asemenea teorii de câmp constă în momentul de faţă în înţelegerea structurii atomice a materiei şi energiei. Teoria, în principiile sale, nu este una atomistă, în măsura în care operează exclusiv cu funcţii continue de spaţiu, în contrast cu mecanica clasică, al cărei element cel mai important, punctul material, justifică prin sine structura atomică a materiei.

Teoria cuantică modernă în forma asociată cu numele lui de Broglie, Schrödinger şi Dirac, care operează cu funcţii continue, a depăşit această dificultate printr-o ingenioasă interpretare formulată în mod clar mai întâi de Max Born. După aceasta, funcţiile spaţiale care apar în ecuaţii nu pretind a fi un model matematic al unor structuri atomice; ele determină prin calcul doar probabilităţile pentru apariţia unor asemenea structuri, dacă se efectuează măsurători într-un loc dat sau asupra unei stări date a mişcării. Această concepţie este logic ireproşabilă şi a dat naştere unor rezultate importante. Din păcate, ea ne obligă totuşi să folosim un continuu cu un număr de dimensiuni diferit de cel atribuit spaţiului de fizică până în prezent (patru), număr care creşte nelimitat odată cu numărul particulelor ce constituie sistemul considerat. Nu pot să nu recunosc că atribui doar o semnificaţie provizorie acestei interpretări. Eu cred încă în

posibilitatea unui model al realităţii – cu alte cuvinte, a unei teorii care

79

să reprezinte lucrurile însele şi nu doar probabilitatea manifestării lor.7

Pe de altă parte, mi se pare cert că va trebui să abandonăm ideea unei localizări complete a particulelor într-un model teoretic. Aceasta mi se pare a fi rezultatul durabil al principiului de nedeterminare al lui Heisenberg. Dar, se poate concepe foarte bine o teorie atomistă în sensul propriu al cuvântului

(nu doar pe baza unei interpretări) fără localizarea particulelor într-un model matematic. De exemplu, pentru a explica natura atomică a electricităţii, ecuaţiile de câmp vor trebui să conducă la următoarele concluzii: o parte a spaţiului (tridimensional), la limitele căruia densitatea electrică se anulează peste tot, conţine întotdeauna o sarcină electrică totală a cărei mărime e reprezentată printr-un număr întreg, într-o teorie a continuului caracteristicile atomice vor fi exprimate în mod satisfăcător prin legi integrale fără localizarea acelor construcţii ce constituie structura atomică.

Numai atunci când o asemenea reprezentare a structurii atomice va reuşi, voi considera dezlegat misterul cuantic.

NOTE

1. Einstein sugerează că poate exista o nepotrivire între semnificaţia generală a activităţii unui creator de ştiinţă teoretică şi concepţiile sale metodologice. Mari fizicieni creatori din secolele trecute, în frunte cu Newton, au susţinut că teoriile lor ar fi derivate din fapte prin inducţie. Mai departe, Einstein arată că dezvoltarea ştiinţei teoretice în secolul nostru, în particular elaborarea teoriei generale a relativităţii ca o nouă teorie a gravitaţiei, deosebită de cea a lui Newton, probează că teoriile fizice sunt inventate şi nu pur şi simplu descoperite de oameni.

2. Cercetătorul gândeşte asupra naturii ştiinţei teoretice din perspectiva unor idealuri de cunoaştere şi

experienţe care pot să aibă un caracter destul de personal. Modul lui de a vedea ştiinţa nu va putea fi întotdeauna împărtăşit de alţi cercetători cu preferinţe şi experienţe diferite. Einstein compară această situaţie cu cea a unor istorici competenţi şi experimentaţi care ar putea reconstitui în moduri diferite acelaşi episod al trecutului dacă reprezentările lor spontane sau conştiente asupra obiectului cercetării istorice vor fi sensibil

80

diferite. Einstein a avertizat nu o dată că reflecţiile sale asupra ştiinţei nu pot fi bine înţelese decât în contextul aspiraţiilor şi speranţelor care au orientat strădaniile sale ca cercetător al naturii, a ceea ce a putut învăţa din succesele şi eşecurile acestor strădanii. Vezi în această privinţă şi *Observaţii asupra articolelor reunite în acest volum*, nota (19), precum şi pasajul la care se referă această notă.

3. Punctul de vedere că recunoaşterea necesităţii de a supune speculaţiile teoretice despre natură controlului experienţei ar distanţa în primul rând fizica galileană de fizica de tradiţie aristotelică era general acceptat în epoca în care a fost scris acest text. O schimbare radicală de perspectivă în înţelegerea noutăţii şi originalităţii concepţiei galileene asupra ştiinţei naturii s-a produs ulterior în istoria ştiinţei, îndeosebi sub influenţa lucrărilor de pionierat ale lui Alexandre Koyre.

4. Aceasta este una din cele mai clare formulări ale principiului simplităţii logice căruia Einstein îi acordă o mare greutate în aprecierea gradului de „perfecţiune internă a unei teorii”. Vezi în acest sens şi pasajul din Note *autobiografice* care se referă la criteriile interne de apreciere a teoriilor fizice, precum şi postfaţa „Idealul cunoaşterii şi idealul umanist la Albert Einstein”.

5. Exprimări de acest fel pot fi întâlnite nu o dată în scrierile lui

Einstein. Ele semnalează distanţarea autorului de punctul de vedere potrivit căruia o teorie fizică va fi declarată „adevărată” de câte ori se constată un acord

sistematic al consecinţelor derivate din ea cu faptele unui domeniu determinat al experienţei. Din acest punct de vedere, două teorii fizice ale căror consecinţe sunt confirmate sistematic de aceleaşi date de observaţie sau experimentale sunt în egală măsură „adevărate”. Exprimarea atât de caracteristică a lui

Einstein relevă că el priveşte teoriile fizice în primul rând ca descrieri ale realităţii fizice, o realitate care există independent de construcţiile fizicianului teoretician. Dacă două teorii fizice au principii diferite, înseamnă că ele sunt descrieri diferite ale realităţii fizice.

Teoria newtoniană şi teoria relativistă a gravitaţiei nu pot fi, aşadar, în egală măsură „adevărate”, chiar dacă pot să dea socoteală de aceleaşi date ale observaţiei astronomice, în raport cu prima teorie, care „n-a pătruns până la temeiul lucrurilor”, teoria generalizată a relativităţii va fi apreciată drept o descriere mai adecvată a realităţii fizice.

6. Acest pasaj oferă o indicaţie importantă cu privire la felul în care vedea Einstein rolul gândirii matematice în înaintarea spre o cunoaştere mai adecvată a realităţii fizice. Dacă adoptăm supoziţia că structurile fundamentale, de adâncime, ale lumii sunt simple.

atunci consideraţii formale, de simplitate matematică, ne pot conduce spre descoperirea acestor structuri.

7. Einstein afirmă clar că aderenta lui necondiţionată la o concepţie de tip clasic asupra teoriei ca descriere a realităţii fizice îl determină să nu accepte teoria cuantică, în interpretarea ei curentă, ca o teorie fizică fundamentală. Programul lui Einstein a fost, după cum se ştie, deducerea efectelor cuantice din legile unei teorii generale a câmpului care descriu un spaţiu cu patru dimensiuni.

OBSERVAŢII ASUPRA TEORIEI CUNOAŞTERII A LUI BERTRAND RUSSELL*

Când editorul mi-a solicitat să scriu ceva despre

Bertrand

Russell, admiraţia şi respectul pe care le port acestui autor m-au făcut să accept de îndată. Datorez lecturii lucrărilor lui

Russell nenumărate ceasuri fericite, ceea ce n-aş putea spune despre niciun alt autor contemporan de lucrări ştiinţifice, cu excepţia lui Thorstein Veblen. Curând am înţeles însă că o asemenea promisiune este mai uşor de făcut decât de împlinit. Promisesem să spun ceva despre Russell ca filosof şi epistemolog. Apucându-mă, încrezător; de această sarcină, mi-am dat repede seama pe ce teren alunecos mă aventuram, ca un novice, care până acum se limitase prudent la domeniul fizicii. Fizicianul este nevoit, din pricina dificultăţilor actuale ale ştiinţei sale, să se confrunte cu probleme filosofice într-o măsură mai mare decât a fost cazul cu generaţiile anterioare. Deşi aici n-am să vorbesc despre aceste dificultăţi, reflecţia asupra lor este mai cu seamă cea care m-a condus la punctul de vedere schiţat în cele ce urmează.

În evoluţia gândirii filosofice de-a lungul secolelor, un rol major l-a jucat întrebarea: „Ce fel de cunoştinţe poate să ofere gândirea pură, indiferent de impresiile senzoriale? Există asemenea cunoştinţe? Iar dacă nu, în ce relaţie stă cunoaşterea noastră cu materialul pe care-l oferă simţurile?” Acestor întrebări şi altor câtorva strâns legate de ele le corespunde

— *Bemerkungen zu Bertrand Russells Erkenninistheorie* (tipărită împreună cu traducerea engleză făcută de P.A. Schilpp sub titlul *Remarks on Bertrand Russell’s Theory of Knowledge*), în voi. *The Philosophy of*

Bertrand Russell, ed. P.A. Schilpp, Tudor Publishing Co., New York.

1951, pp. 278 – 291 (*n.t.*).

un haos imens de opinii filosofice, în desfăşurarea acestor străduinţe eroice, dar relativ infructuoase, se poate discerne totuşi o tendinţă sistematică de evoluţie, şi

anume un scepticism crescând în privinţa oricărei încercări de a afla ceva pe calea gândirii pure despre „lumea obiectivă”, despre lumea „lucrurilor” ca opusă lumii simplelor „reprezentări şi idei”, în paranteză fie spus, ghilimelele le-am folosit aici în felul filosofilor veritabili, pentru a introduce un concept nelegitim, pe care cititorul este rugat să-l îngăduie pentru moment, cu toate că e suspect în ochii poliţiei filosofice.

Credinţa că tot ce este demn de a fi cunoscut poate fi dobândit pe calea simplei reflecţii a fost aproape generală în perioada începuturilor filosofiei. A fost o iluzie pe care oricine o poate înţelege dacă lasă deoparte, pentru o clipă, tot ce a învăţat din filosofia de mai târziu şi din ştiinţele naturii; el nu se va mira de faptul că Platon atribuia un fel de realitate superioară „Ideilor” faţă de lucrurile aşa cum le cunoaştem în experienţa senzorială. Şi la Spinoza şi, mai târziu încă, la Hegel, această prejudecată se pare că a fost forţa stimulatoare care a jucat rolul principal. Cineva ar putea chiar să pună întrebarea dacă fără ceva din această iluzie s-ar putea în general edifica ceva măreţ pe tărâmul gândirii filosofice – noi însă nu ne vom pune această întrebare.

Faţă cu această iluzie mai aristocrată privind puterea de pătrundere nelimitată a gândirii stă iluzia mai plebee a realismului naiv, după care lucrurile „sunt” aşa cum le percepem prin simţuri. Această iluzie domină viaţa cotidiană a oamenilor şi animalelor; ea constituie şi punctul de plecare al ştiinţelor, în special al ştiinţelor naturii.

Eforturile de depăşire a acestor două iluzii nu sunt independente unul de altul. Depăşirea realismului naiv a fost relativ simplă, în introducerea cărţii sale *An Inquiry into Meaning and Truth*, Russell a concretizat acest proces în cuvinte de o admirabilă pregnantă:

„Pornim cu toţii de la «realismul naiv», adică de la doctrina că lucrurile sunt ceea ce par că sunt. Credem că iarba *e* verde, că pietrele sunt tari şi că zăpada e rece. Fizica ne arată însă că verdele ierbii, duritatea pietrelor şi

răceala zăpezii nu sunt acel verde, acea duritate şi acea răceală pe care

le ştim din proprie experienţă, ci sunt ceva mult diferit. Dacă e să dăm crezare fizicii, observatorul, când are impresia că observă o piatră, observă de fapt efectele pietrei asupra lui.

Ştiinţa pare, astfel, a se război cu sine însăşi: când urmăreşte cel mai mult să fie obiectivă, se vede plonjând fără voie în subiectivitate. Realismul naiv duce la fizică, iar fizica – dacă e adevărată – arată că realismul naiv este fals. Prin urmare, realismul naiv, dacă e adevărat, este fals; deci este fals".

(pp. 14 – 15) *

Lăsând la o parte măiestria formulării, aceste rânduri spun ceva la care nu mă gândisem niciodată înainte. La o privire superficială, modul de gândire al lui Berkeley şi Hume pare a sta în opoziţie cu modul de gândire al ştiinţelor naturii. Observaţia lui Russell din fragmentul citat dezvăluie însă o legătură: dacă Berkeley se sprijină pe faptul că noi nu sesizăm direct prin simţuri „lucrurile" lumii exterioare, ci că doar evenimentele legate cauzal de prezenţa „lucrurilor" ajung la organele noastre de simţ, aceasta este o consideraţie ce-şi dobândeşte forţa de convingere din încrederea pe care o avem în modul de gândire fizic. Căci, dacă ne-am îndoi de modul de gândire fizic chiar în privinţa trăsăturilor lui celor mai generale, nu ar exista nicio necesitate de a interpune între obiect şi actul vederii ceva ce separă obiectul de subiect şi face problematică „existenţa obiectului".

Acelaşi mod de gândire fizic şi succesele lui practice au zdruncinat însă şi încrederea în posibilitatea de a înţelege lucrurile şi relaţiile dintre ele prin simpla gândire speculativă. Treptat şi-a croit drum convingerea că toate cunoştinţele despre lucruri sunt exclusiv rezultatul prelucrării materialului brut furnizat de simţuri, în această formă generală (şi enunţată anume întrucâtva vag), această propoziţie este astăzi, probabil, unanim acceptată.

Dar această convingere nu se bazează pe supoziţia că cineva ar fi demonstrat imposibilitatea dobândirii unor cunoştinţe despre realitate pe calea speculaţiei pure, ci pe faptul că numai calea empirică (în sensul precizat mai sus) s-a dovedit a fi sursa cunoaşterii. Galilei şi în textul original citatul e dat în engleză (*n.t.*).

85

Hume au fost primii care au susţinut acest principiu cu toată claritatea şi fermitatea.

Hume a văzut că din materialul furnizat de simţuri nu pot fi dobândite concepte pe care le considerăm esenţiale, cum este, de exemplu, cel de conexiune cauzală. Această constatare l-a condus la o atitudine sceptică faţă de orice fel de cunoaştere. Când citeşti cărţile lui Hume, te cuprinde mirarea că după el atâţia filosofi, între care unii de mare prestigiu, au putut să scrie atâtea obscurităţi şi chiar să găsească pentru ele cititori recunoscători. Hume a influenţat în mod durabil dezvoltarea celor mai buni filosofi de după el. îl simţi mereu prezent când citeşti analizele filosofice ale lui Russell, a căror perspicacitate şi simplitate în expresie mi-au amintit adesea de Hume.1

Omul are o puternică năzuinţă spre cunoaştere asigurată. Tocmai de aceea a părut zdrobitor mesajul limpede al lui

Hume că materialul brut furnizat de simţuri, singura sursă a cunoştinţelor noastre, ne poate duce prin obişnuinţă la credinţă şi aşteptare, nu însă la cunoaşterea unor relaţii legice, şi cu atât mai puţin la înţelegerea lor. Atunci a apărut pe scenă Kant, cu o idee care, deşi este cu siguranţă de nesusţinut în forma pe care i-a dat-o el, a însemnat un pas spre rezolvarea dilemei lui Hume: tot ce este de origine empirică în cunoaştere nu este niciodată cert (Hume). Dacă deci posedăm o cunoaştere certă, ea trebuie să-şi aibă temeiul în raţiunea însăşi. Acesta este cazul – după Kant – cu propoziţiile geometriei şi cu principiul cauzalităţii. Aceste cunoştinţe şi anumite altele sunt, aşa zicând, o parte a instrumentarului gândirii şi ca atare nu urmează a fi dobândite abia din datele simţurilor.

(Altfel spus, ele sunt cunoştinţe „a priori”.) Astăzi, firește, oricine ştie că cunoştinţele menţionate n-au nimic din certitudinea, din necesitatea internă, pe care le-o atribuia Kant. Ceea ce mi se pare însă corect în felul cum a pus el problema este constatarea că noi facem uz de gândire, cu anumită „îndreptăţire”, de concepte la care nu se poate ajunge de la materialul oferit de experienţa senzorială, dacă privim situaţia din punct de vedere logic.

În ce mă priveşte, sunt convins că trebuie să susţinem chiar mult mai mult, şi anume că toate conceptele care intervin

86

În gândirea şi în exprimările noastre lingvistice sunt – vorbind din punct de vedere logic – creaţii libere ale gândirii şi nu pot fi dobândite inductiv din experienţele senzoriale. Lucrul acesta nu este atât de uşor de observat numai pentru că suntem obişnuiţi să legăm în mod atât de strâns anumite concepte şi combinaţii de concepte (propoziţii) cu anumite experienţe senzoriale, încât nu devenim conştienţi de prăpastia

— De netrecut din punct de vedere logic – ce desparte lumea trăirilor senzoriale de cea a conceptelor şi propoziţiilor.

Astfel, de exemplu, şirul numerelor întregi este evident o invenţie a spiritului uman, un instrument creat de om care înlesneşte ordonarea anumitor experienţe senzoriale. Pe nicio cale însă acest concept nu s-ar putea cristaliza din experienţa senzorială. Am ales aici conceptul de număr, fiindcă el aparţine gândirii preştiinţifice şi, cu toate acestea, este uşor de recunoscut caracterul lui constructiv. Cu cât ne adresăm însă mai mult conceptelor celor mai primitive din viaţa de toate zilele, cu atât masa obişnuinţelor înrădăcinate ne îngreunează mai mult recunoaşterea în concept a unei creaţii de sine stătătoare a gândirii. Aşa se face că a putut să apară concepţia

— Nefastă pentru înţelegerea relaţiilor existente aici – după care conceptele s-ar degaja din experienţă prin „abstractizare”, adică prin omiterea unei părţi a

conţinutului acesteia.2

Vreau să arăt acum de ce mi se pare atât de nefastă această concepţie.

Odată ce ţi-ai însuşit critica lui Hume, ajungi uşor la ideea că toate acele concepte şi propoziţii care nu pot fi derivate din materialul senzorial ar trebui înlăturate din gândire ca fiind „metafizice”. Căci orice gândire îşi primeşte conţinutul material numai prin legătura sa cu acest material senzorial. Această din urmă aserţiune o consider întru totul adevărată, dar consider greşită prescripţia formulată, pe baza ei, pentru gândire. Fiindcă, dacă ar fi aplicată cu consecvenţă, această prescripţie ar exclude absolut orice gândire ca fiind „metafizică”.

Pentru ca gândirea să nu degenereze în „metafizică”, respectiv în vorbărie găunoasă3, este necesar doar ca un număr suficient de mare de propoziţii ale sistemului conceptual să fie legate îndeajuns de strâns de experienţele senzoriale şi

ca sistemul conceptual, dată fiind sarcina sa de a ordona şi a permite cuprinderea conţinuturilor sensibile, să posede o cât mai mare unitate şi economicitate cu putinţă, în rest însă.

„Sistemul” este (din punct de vedere logic) un joc liber cu simboluri după reguli adoptate în mod arbitrar (din punct de vedere logic). Toate acestea sunt valabile deopotrivă pentru gândirea din viaţa de toate zilele, ca şi pentru gândirea mai conştient-sistematic-structurată din domeniul ştiinţei.

Acum va fi clar ce am în vedere spunând următoarele: prin critica sa clară, Hume nu a marcat numai un avans decisiv în filosofie, ci a creat totodată – fără vina sa – un pericol pentru filosofie, prin aceea că, pe baza criticii sale, a luat naştere o nefastă „teamă de metafizică”, devenită o boală a filosofiei empiriste contemporane; această boală constituie replica acelei filosofări nebuloase de odinioară care credea că se poate dispensa de datele senzoriale şi că le poate neglija.4

Cu toată admiraţia pe care o am pentru analiza pătrunzătoare pe care ne-a dăruit-o Russell în ultima sa carte, *Meaning and Truth*, mi se pare totuşi că şi aici spectrul temerii de metafizică a pricinuit unele pagube. Mi se pare, bunăoară, că teama de metafizică este cea care i-a sugerat autorului să conceapă „lucrul" ca un „mănunchi de calităţi", aceste „calităţi" urmând să fie luate din materialul senzorial. Faptul că două lucruri sunt unul şi acelaşi lucru, dacă toate calităţile lor sunt identice, impune ca şi relaţiile geometrice dintre lucruri să fie incluse printre calităţile lor. (Altminteri am fi nevoiţi să considerăm Turnul Eiffel din Paris şi pe cel din New

York ca fiind „acelaşi lucru".) * Contrar acestei poziţii, eu nu văd niciun pericol „metafizic" în a lua lucrul (obiectul în sensul fizicii) ca pe un concept de sine stătător în sistem, împreună cu structura spaţio-temporală respectivă.

Legat de aceasta, m-am bucurat întâlnind în capitolul final constatarea că nu ne putem dispensa de „metafizică". Dacă mă nemulţumeşte ceva, este stânjeneala intelectuală care, în legătură cu aceasta, se face uneori simţită printre rânduri.5

— Cf. B. Russell, *An Inquiry into Meaning and Truth*, pp. 119 – 120, cap.

„Proper Names".

88

NOTE

1. De câte ori Einstein îşi exprimă preţuirea pentru un filosof, primul impuls îl constituie sentimentul că a putut învăţa ceva important de la el. Din scrierile lui Hume, pe care le-a studiat în tinereţe în cadrul aşa-numitului cerc *Olimpia*, împreună cu M. Solovine şi C. Habicht, Einstein pare să fi desprins câteva învăţături care i-au orientat judecata, cu deosebire în problemele ştiinţei teoretice. Primul dintre ele este că realismul naiv nu poate fi susţinut şi că, din acest punct de vedere, experienţa istorică a dezvoltării ştiinţelor naturii sprijină concluziile filosofilor empirişti. Al doilea învăţământ este că nicio

cunoaştere despre realitate nu poate fi dobândită şi asigurată numai prin raţiune, în sfârşit, citindu-l pe Hume, Einstein a înţeles mai bine că nu există condiţii *a priori*, date o dată pentru totdeauna, ale cunoaşterii prin experienţă, necesităţi absolute ale gândirii, ci numai forme de gândire relativ adecvate pentru un domeniu determinat al experienţei, care devin obişnuinţe de gândire adânc înrădăcinate ori de câte ori cercetarea nu depăşeşte o lungă perioadă de timp limitele acestui domeniu. Categoriile gândirii fizice mecaniciste sunt tocmai asemenea forme ale gândirii. Einstein lasă clar să se înţeleagă că s-a apropiat mai mult de Hume decât de alţi filosofi empirişti atras de sobrietatea şi profunzimea analizelor sale, precum şi de farmecul aparte al scrisului acestui autor. Am greşi dacă am înţelege omagiul pe care îl aduce aici Einstein lui Hume crezând că felul în care gândeşte el asupra problemelor cunoaşterii este cel al filosofului scoţian. Einstein recunoaşte cu plăcere influenţa pe care au exercitat-o unele lecturi filosofice asupra modului său de a gândi, dar indică în mod clar, atât în acest text, cât şi în altele, că a ajuns în cele din urmă prin reflecţie asupra propriei sale experienţe ca cercetător al naturii la un punct de vedere propriu. Acest punct de vedere prezintă convergenţe parţiale cu mari orientări din teoria cunoaşterii, dar se delimitează totodată în mod clar de marile tradiţii filosofice.

2. În acest pasaj accentul cade pe critica tezei atât de familiare a empirismului tradiţional, necritic, după care noţiunile iau naştere din datele simţurilor pe o cale logică, prin generalizare sau inducţie. Ceea ce ne reţine cu deosebire atenţia este încercarea lui Einstein de a arăta de ce această idee ne apare atât de naturală şi de familiară. Ori de câte ori anumite noţiuni funcţionează bine şi o perioadă mai lungă de timp în coordonarea informaţiilor pe care ni le dau simţurile ne permit să sistematizăm aceste informaţii şi să anticipăm evenimentele viitoare, în primul rând rezultatele acţiunilor noastre.

se creează impresia că aceste noţiuni au luat naştere prin neglijarea trăsăturilor individuale şi prin generalizarea a ceea ce este comun în informaţiile despre stări şi evenimente particulare furnizate de organele de simţ. Nu este de mirare că această impresie este mai puternică în cazul noţiunilor gândirii comune. Deşi respinge aserţiunile specifice ale apriorismului kantian, Einstein apreciază că familiarizarea cu ideile filosofului german poate contribui în mod salutar la slăbirea autorităţii concepţiei inductiviste cu privire la originea şi natura noţiunilor ce constituie cadrele generale ale gândirii comune şi ştiinţifice. Pentru o apreciere mai explicită a modului cum înţelegea Einstein, ca fizician teoretician, meritele teoriei cunoaşterii a lui Kant, vezi şi *Observaţii asupra articolelor reunite în acest volum*, cu deosebire pasajul indicat de nota (15).

3. Cum indică şi ghilimelele, autorul foloseşte aici termenul *metafizică* într-un sens peiorativ, sensul în care termenul era folosit adesea în literatura filosofică şi ştiinţifică de limbă engleză din acel moment.

4. În această a doua parte a textului Einstein se delimitează în mod clar de concepţia empiristă asupra cunoaşterii pentru care a găsit atâtea cuvinte de apreciere la începutul articolului. Teza că noţiunile gândirii comune şi ştiinţifice, în particular principiile ştiinţei teoretice, pot fi derivate prin abstractizare şi generalizare din „materialul furnizat de simţuri” i se pare în aceeaşi măsură greşită ca şi teza că am putea avea o cunoaştere despre realitate în mod *a priori*, adică independent de orice experienţă.

5. Ceea ce Einstein numeşte aici „metafizică” este punctul de vedere că, prin concepte ce nu pot fi derivate din cunoştinţe despre fapte particulare, care trec mult dincolo de ceea ce ne este dat prin simţuri, putem ajunge la cunoştinţe tot mai adecvate despre existenţa reală. Acest fel de a vedea lucrurile îi apare drept premisă a activităţii omului de ştiinţă teoretică. Pentru Einstein atitudinea reticentă şi chiar negativă faţă de gândirea

constructivă pe care o generează „teama de metafizică” este tot atât de potrivită spiritului cunoaşterii ştiinţifice ca şi speculaţiile ce se sustrag în principiu controlului experienţei.

II
FUNDAMENTELE FIZICII TEORETICE: TEORIA RELATIVITĂŢII ŞI MECANICA CUANTICĂ

CE ESTE TEORIA RELATIVITĂŢII?

Vin cu plăcere în întâmpinarea cererii colaboratorului dumneavoastră de a scrie pentru *Times* ceva despre „relativitate”. Căci, după regretabila ruptură a relaţiilor internaţionale, altă dată vii, între savanţi1, aceasta este pentru mine o bine venită ocazie de a-mi exprima sentimentele de bucurie şi recunoştinţă faţă de astronomii şi fizicienii englezi.

Faptul că cercetători de seamă au cheltuit mult timp şi şi-au dat multă osteneală, că institutele dumneavoastră ştiinţifice au investit mari mijloace materiale pentru a verifica o consecinţă a unei teorii care a fost elaborată şi publicată în ţara duşmanilor dumneavoastră în timpul războiului este cu totul în spiritul marilor şi înaltelor tradiţii ale muncii ştiinţifice din ţara dumneavoastră. Dacă în cazul cercetării influenţei câmpului gravitaţional al Soarelui asupra razelor de lumină era vorba şi de o chestiune pur obiectivă, simt totuşi nevoia să exprim colegilor englezi şi mulţumirile mele personale pentru munca depusă de ei, fără de care nu as mai fi apucat, desigur, să văd verificarea celor mai însemnate consecinţe ale teoriei mele.2

În fizică pot fi deosebite teorii pe diferite genuri. Cele mai multe sunt teorii constructive. Acestea încearcă să construiască o reprezentare a fenomenelor mai complexe pornind de la un formalism relativ simplu, luat ca bază. Astfel, teoria cinetică a gazelor încearcă să reducă fenomenele mecanice, termice şi de difuziune la mişcări ale moleculelor, adică să le construiască pe baza ipotezei mişcării moleculare. Când se spune că s-a reuşit să se

înţeleagă un grup de fenomene ale naturii, prin aceasta se înţelege întotdeauna că s-a găsit o teorie constructivă ce cuprinde fenomenele în discuţie.

93

l

Dar alături de această importantă clasă de teorii există o a doua, a teoriilor pe care le voi numi teorii de principii (*Prinzip-Theorieri*). Acestea nu folosesc metoda sintetică, ci metoda analitică. Punctul de plecare şi baza nu sunt constituite de elemente de construcţie ipotetice, ci de însuşiri generale ale fenomenelor naturii, descoperite empiric, principii, din care decurg apoi criterii formulate matematic, ce trebuie satisfăcute de fenomenele individuale, respectiv de imaginile lor teoretice. Astfel, pornind de la rezultatul empiric general că *un perpetuum mobile* este imposibil, termodinamica încearcă să stabilească pe căi analitice condiţiile pe care fenomenele individuale trebuie să le satisfacă.

Avantajul teoriilor constructive este completitudinea, capacitatea de adaptare şi intuitivitatea, în timp ce avantajul teoriilor de principii este perfecţiunea logică şi siguranţa fundamentelor.3

Teoria relativităţii aparţine teoriilor de principii. Pentru a-i înţelege esenţa trebuie mai întâi să cunoaştem principiile pe care se sprijină, înainte însă de a mă referi la acestea, trebuie să observ că teoria relativităţii seamănă cu o clădire alcătuită din două etaje separate, teoria specială şi teoria generală a relativităţii. Teoria specială a relativităţii, pe care se sprijină cea generală, se raportează la toate fenomenele fizice cu excepţia gravitaţiei; teoria generală a relativităţii oferă legea gravitaţiei şi relaţiile ei cu celelalte forţe ale naturii.

Încă din antichitatea greacă este bine cunoscut că pentru descrierea mişcării unui corp avem nevoie de un al doilea la care se raportează mişcarea celui dintâi. Mişcarea unei trăsuri este raportată la suprafaţa Pământului, mişcarea unei planete la totalitatea stelelor fixe vizibile, în fizică, corpul la care sunt raportate

fenomenele din punct de vedere spaţial este numit sistem de coordonate. Bunăoară legile mecanicii ale lui Galilei şi Newton au putut fi formulate numai prin utilizarea unui sistem de coordonate.

Starea de mişcare a sistemului de coordonate nu poate fi însă aleasă în mod arbitrar, dacă este vorba ca legile mecanicii să fie valabile (sistemul de coordonate trebuie să fie

„Fără mişcare de rotaţie" şi „fără mişcare de acceleraţie"). Sistemul de coordonate admis în mecanică este numit „sistem

Inerţial". Starea de mişcare a unui sistem inerţial nu este însă, potrivit mecanicii, stabilită univoc de natură. Există mai degrabă principiul: un sistem de coordonate ce se mişcă rectiliniu şi uniform faţă de un sistem inerţial este de asemenea un sistem inerţial. Prin „principiul special al relativităţii" se înţelege generalizarea acestui principiu asupra oricăror fenomene ale naturii: orice lege generală a naturii valabilă în raport cu un sistem de coordonate C trebuie să rămână valabilă, fără vreo schimbare, în raport cu un sistem de coordonate Ci care este în mişcare de translaţie uniformă faţă de C.

Al doilea principiu pe care se sprijină teoria specială a relativităţii este principiul „constanţei vitezei luminii în vid".

Acesta spune: în vid lumina are întotdeauna o viteză de propagare determinată (independent de starea de mişcare şi de sursa luminii), încrederea fizicianului în acest principiu îşi are originea în succesele electrodinamicii lui Maxwell şi Lorentz.

Amândouă principiile amintite sunt susţinute cu putere de experienţă, dar par să nu fie logic compatibile unul cu celălalt. Unificarea lor logică a fost realizată, în cele din urmă, în teoria specială a relativităţii printr-o schimbare a cinematicii, adică a teoriei despre legile ce privesc (din punct de vedere fizic) spaţiul şi timpul. S-a dovedit că enunţul simultaneităţii a doua evenimente nu

are sens decât prin raportare la un sistem de coordonate, că forma etaloanelor de măsurare şi viteza de mişcare a ceasornicelor trebuie să depindă de starea lor de mişcare faţă de sistemul de coordonate.

Vechea fizică, inclusiv legile de mişcare galileo-newtoniene, nu se potrivea însă cinematicii relativiste despre care a fost vorba. Din cea din urmă decurg condiţii matematice generale cărora trebuie să le corespundă legile naturii, dacă este vorba ca cele două principii generale amintite să fie valabile. Acestora trebuia să le fie adaptată fizica.4 S-a ajuns astfel în particular la o nouă lege a mişcării pentru puncte materiale ce se mişcă rapid, lege care a fost pe deplin confirmată în cazul particulelor încărcate electric. Cel mai însemnat rezultat al teoriei speciale a relativităţii privea masa inertă a sistemelor materiale. A rezultat că inerţia unui sistem trebuie să depindă de conţinutul său în energie (*Energie-Inhalt*)

95

şi s-a ajuns de-a dreptul la concepţia că masa inertă nu este altceva decât energie latentă. Principiul conservării masei şi-a pierdut independenta şi s-a contopit cu principiul conservării energiei.

Teoria specială a relativităţii, care nu a fost nimic altceva decât o continuare sistematică a electrodinamicii lui Maxwell şi Lorentz, a ridicat însă probleme ce nu au putut fi soluţionate *în* cadrul ei. Independenţa legilor fizice de starea de mişcare a sistemului de coordonate trebuia oare să fie limitată la mişcări de translaţie uniforme ale sistemelor de coordonate unele faţă de altele? Ce are comun natura cu sistemele de coordonate introduse de noi şi cu starea lor de mişcare?

Dacă pentru descrierea naturii este necesar să folosim un sistem de coordonate introdus în mod arbitrar, atunci alegerea stării sale de mişcare trebuie să nu fie supusă nici unei restricţii: legile ar trebui să fie cu totul independente de această alegere (principiul general al relativităţii).

Stabilirea acestui principiu general al relativităţii

devine uşor de înţeles prin raportare la o experienţă de mult cunoscută, după care greutatea şi inerţia unui corp sunt guvernate de aceeaşi constantă (egalitatea masei inerte şi grele). Să ne gândim la un sistem de coordonate care este conceput în mişcare de rotaţie uniformă faţă de un sistem inerţial în sensul lui Newton. Forţele centrifuge ce intervin în raport cu acest sistem trebuie să fie concepute, în sensul teoriei lui Newton, ca efecte ale inerţiei. Aceste forţe centrifuge sunt însă, întocmai ca şi forţele gravitaţionale, proporţionale cu masa corpului. Nu s-ar putea să concepem sistemul de coordonate ca imobil, iar forţele centrifuge ca forţe gravitaţionale? Concluzia este evidentă, dar mecanica clasică o interzice.

Această reflecţie fugară ne lasă să bănuim că o teorie generală a relativităţii trebuie să ofere legile gravitaţiei, iar urmărirea consecventă a ideii a îndreptăţit speranţa.

Dar drumul a fost mai greu decât s-ar putea crede, deoarece cerea renunţarea la geometria euclidiană. Aceasta înseamnă că legile după care se dispun în spaţiu corpurile solide nu concordă perfect cu legile de aşezare pe care le prescrie corpurilor geometria euclidiană. Aceasta se înţelege când se vorbeşte de „curbura spaţiului”. Conceptele de bază „linie”.

„Suprafaţă” etc. pierd prin aceasta semnificaţia lor exactă în fizică.

În teoria generală a relativităţii, teoria spaţiului şi timpului, cinematica, nu mai joacă rolul unui fundament independent de restul fizicii. Comportarea geometrică a corpurilor şi mersul ceasornicelor depind mai degrabă de câmpurile gravitaţionale care, la rândul lor, sunt generate de însăşi substanţa materială.

Din punct de vedere principial, noua teorie a gravitaţiei se îndepărtează considerabil de teoria lui Newton. Dar rezultatele ei practice sunt într-un acord atât de strâns cu cele ale teoriei newtoniene încât este greu să găsim criteriile de distincţie care sunt accesibile experienţei.5 S-au găsit până acum următoarele:

1) în rotaţia elipselor traiectoriilor planetelor în jurul Soarelui (rotaţie confirmată la planeta Mercur).

2) în curbura razelor de lumină datorată câmpurilor gravitaţionale (confirmată de imaginile luate de englezi cu ocazia eclipsei de soare).

3) într-o deplasare a liniilor spectrale spre extremitatea roşu a spectrului luminii transmise nouă de stele cu o masă considerabilă (până acum neconfirmată*).

Puterea de atracţie principală a teoriei stă în coerenţa ei logică. Dacă una singură din consecinţele deduse din ea se va dovedi inexactă, ea va trebui să fie părăsită; o modificare pare să nu fie cu putinţă fără distrugerea întregului.6

Nimeni nu trebuie însă să-şi închipuie că prin această teorie, sau prin oricare alta, marea creaţie a lui Newton ar putea fi dată la o parte în sensul propriu al cuvântului. Ideile sale clare şi mari îşi vor păstra întotdeauna însemnătatea lor eminentă ca fundament al întregii noastre construcţii conceptuale moderne în domeniul filosofiei naturale.

Notă suplimentară: Observaţiile ziarului dumneavoastră privitoare la persoana mea şi la împrejurările vieţii mele izvorăsc în parte din fantezia demnă de invidiat a autorului lor. Iată încă o probă de aplicare a principiului relativităţii.

— Şi acest criteriu a fost între timp confirmat (nota editorului din anul 1934).

97

spre desfătarea cititorului: astăzi eu sunt numit în Germania un „savant german”, iar în Anglia un „evreu elveţian”; dacă însă, la un moment dat, s-ar ajunge la situaţia să fiu prezentat ca „bete noire”, arunci aş fi, invers, pentru germani un

„Evreu elveţian”, iar pentru englezi un „savant german”.

NOTE

1. La 6 noiembrie 1919 a avut loc la Londra o şedinţă comună a Societăţii Regale de Ştiinţe şi a Societăţii

Astronomice Regale, în care au fost anunţate constatările făcute de expediţiile astronomice engleze din Brazilia şi Africa de Vest cu ocazia eclipsei totale de soare din 29 martie a aceluiaşi an. Ele au confirmat o predicţie a teoriei generale a relativităţii. Ecoul public al acestui eveniment pur ştiinţific a fost neobişnuit de mare. Mai întâi, deoarece confirmarea prin observaţii astronomice a teoriei lui Einstein punea într-o lumină nouă teoria gravitaţiei a lui Newton, o teorie care a fost aplicată cu succes mai mult de două secole. În al doilea rând, fiindcă această confirmare a unei teorii îndrăzneţe formulate de către un om de ştiinţă german a fost realizată de cercetători englezi la puţin timp după încheierea unui lung şi sângeros conflict între cele două ţări. În ziarul *Times* din 7 noiembrie 1919, alături de evenimentele politice ale zilei, era înserat şi următorul titlu: *Răsturnare în ştiinţă*.

Teoria lui Newton a fost infirmată, în zilele următoare, *Times* şi alte ziare engleze, ca şi presa internaţională în general, au scris mult despre Einstein, care a devenit astfel primul om de ştiinţă din istorie cunoscut unui cerc foarte larg de oameni fără preocupări ştiinţifice. Curând Einstein a răspuns solicitării ziarului de a scrie un articol de popularizare asupra teoriei relativităţii apreciind că poate contribui în acest fel la reluarea relaţiilor de colaborare dintre oamenii de ştiinţă din cele două ţări. Sforţările sale au fost încununate de succes, în vara anului 1921, Einstein a fost primul savant german care a vizitat după război Anglia.

2. Autorul se referă la verificarea uneia din predicţiile teoriei generale a relativităţii, curbura razelor de lumină în câmpul gravitaţional al Soarelui, care a fost întreprinsă cu ocazia eclipsei de soare din 29 martie 1919. Două expediţii echipate de Societatea Regală de Ştiinţe din Londra, sub conducerea astronomilor Eddington şi

Crommelin, au luat fotografii la Sobral, în nordul Braziliei, şi pe insula Principe, în golful Guineei. Unele fotografii au arătat clar

că razele de lumină emanate de la stelele fixe apropiate de soare au fost deviate când au trecut prin câmpul gravitaţional al soarelui. Einstein a calculat o abatere de 1, 75 secunde de arc, iar măsurătorile au indicat o abatere de aproximativ 1, 70 secunde de arc. Observaţiile au fost repetate în 1952 în Sudan cu o aparatură mai fină, dând rezultate apropiate de cele prezise de teorie. Confirmarea unei predicţii atât de riscante a contribuit mult la creşterea reputaţiei lui Einstein în afara unor cercuri ştiinţifice mai înguste. Einstein îi scria lui Planck: „Este totuşi o favoare a sorţii că am putut să trăiesc această clipă”.

3. Pentru o altă referire la distincţia dintre teorii constructive şi teorii de principii şi pentru caracterizarea teoriei relativităţii ca o teorie de principii, vezi şi *Note autobiografice*.

4. Einstein reia aici observaţii formulate şi în alte texte cu privire la rolul pe care l-au jucat consideraţiile de principiu în elaborarea teoriei restrânse şi generale a relativităţii. Teoria restrânsă a relativităţii a izvorât din străduinţele de a armoniza două principii fizice confirmate de experienţă, dar aparent incompatibile, prinvid. Deducţia matematică a fost în măsură să arate că preţul ce trebuie plătit pentru formularea unei teorii mai generale a mişcării este revizuirea conceptelor de spaţiu şi timp ale cinematicii clasice. Vezi şi nota 5 la *Discurs de recepţie la Academia prusacă de ştiinţe*.

5. Este o formulare simplă şi clară a relaţiei de corespondenţă între două teorii fizice pe care Einstein le caracterizează drept esenţial deosebite în principiile lor. Dacă cele două teorii pot fi distinse ca descrieri ale lumii fizice reale, ele coincid în predicţiile lor într-un domeniu cuprinzător al experienţei, adică pentru acele regiuni ale universului în care intensitatea câmpului gravitaţional nu depăşeşte o anumită limită.

6. Această apreciere ni se pare deosebit de importantă pentru înţelegerea aspiraţiilor care au animat cercetările teoretice ale lui

Einstein şi a concluziilor pe care le-a tras el din succesul unora din strădaniile sale ştiinţifice. Valoarea teoriei generale a relativităţii stă, după Einstein, în relaţia logică deosebit de strânsă dintre principii şi consecinţe, în particular dintre principii şi consecinţele experimentale deduse din teorie. Acordul unei asemenea teorii cu datele experienţei nu va putea fi restabilit prin modificări ale unor ipoteze auxiliare, lăsând neatinse principiile teoriei. Dacă fie şi o singură consecinţă empirică dedusă din teorie va fi contrazisă de datele experienţei, teoria va trebui considerată drept infirmată, în încheierea foarte instructivei sale lucrări de popularizare, *Über die spezielle und die allgemeine Relativitâtstheorie* (*gemeinverständlich*), a cărei

99

primă ediţie apare în 1917, Einstein preciza: „Dacă deplasarea spre roşu a liniilor spectrale datorită câmpului gravitaţional nu ar exista, teoria generală a relativităţii ar fi de nesusţinut”. Einstein sugerează clar că severitatea testelor empirice cărora poate să le fie supusă o teorie fizică sporeşte pe măsură ce creste gradul de coerenţă internă al teoriei. Pe de altă parte, dacă consecinţele deduse dintr-o teorie atât de abstractă, care a fost elaborată pe baza unor consideraţii de principiu şi nu sub presiunea experienţei, sunt în mod sistematic de acord cu datele experienţei, rezultă că există un acord între consideraţii de simplitate logică şi frumuseţe matematică, pe de o parte, şi natura realităţii, pe de altă parte. Ideea caracterului „inteligibil”, „raţional” al realităţii, idee care revine în mai multe texte scrise de Einstein după 1920, exprimă în primul rând modul cum a înţeles şi a interpretat el succesul strădaniilor sale de generalizare a teoriei relativităţii. Sommerfeld îşi aminteşte că în faţa unei teorii ce i se părea arbitrară sau forţată, în contradicţie cu credinţa sa în simplitatea şi armonia raţională a naturii, Einstein obişnuia să spună: „Se etwas tut der liebe Gott nicht” (*Bunul Dumnezeu nu face aşa ceva*). (Vezi A. Sommerfeld, *Albert Einstein*, m (ed.) P.A.

Schilpp.

Albert Einstein als Philosoph una Naturforscher, W. Kohihammer Verlag, Stuttgart, 1955, p. 40).

FIZICA ŞI REALITATEA

1. Consideraţii generale despre metoda ştiinţei

S-a spus deseori şi, desigur, nu pe nedrept că omul de ştiinţă este un slab filosof. De ce atunci n-ar fi mai bine ca şi fizicianul să lase filosofarea în seama filosofilor? Se prea poate ca lucrul acesta să fi fost valabil într-o epocă în care fizicienii credeau că dispun de un sistem solid de concepte fundamentale şi de legi fundamentale în afara oricărei îndoieli, nu însă într-o epocă în care întreg fundamentul fizicii a devenit problematic, cum se întâmplă astăzi, într-o epocă cum este a noastră, când experienţa ne obligă să căutăm o bază nouă, mai solidă, fizicianul nu poate să lase pur şi simplu în seama filosofiei examinarea critică a fundamentelor teoretice, căci numai el cunoaşte şi simte cel mai bine punctul nevralgic; căutând un nou fundament, el trebuie să se edifice cât mai bine asupra justificării şi necesităţii conceptelor pe care le foloseşte.1

Întreaga ştiinţă nu este altceva decât o rafinare a gândirii de toate zilele. Ca urmare, gândirea critică a fizicianului nu se poate limita la examinarea conceptelor din propriul său domeniu special, ci trebuie să se oprească şi asupra gândirii de toate zilele, care este mult mai greu de analizat.2

Pe scena vieţii noastre psihice se perindă într-un şir pestriţ experienţe senzoriale, amintiri despre ele, reprezentări şi sentimente. Spre deosebire de psihologie, fizica are de a face (în mod direct) numai cu experienţe senzoriale şi cu „înţelegerea" conexiunilor dintre ele. Dar până şi conceptul de

„Lume exterioară reală" din gândirea de toate zilele se bazează exclusiv pe impresii senzoriale.

Să observăm mai întâi că nu se poate face o deosebire, în orice caz nu una certă, între impresiile senzoriale (senzaţii)

şi reprezentări. Aici vom lăsa însă deoparte această problematică, ce priveşte şi conceptul de realitate, şi vom lua experienţele senzoriale ca perceptibile şi date, ca trăiri psihice de un fel deosebit.

Cred că primul pas spre postularea unei „lumi exterioare reale" îl constituie formarea noţiunii de obiect corporal, respectiv de obiecte corporale de diverse feluri. Noi desprindem mental, în mod arbitrar, din multitudinea experienţelor noastre senzoriale, anumite complexe de senzaţii care se repetă (în parte asociate cu senzaţii ce sunt interpretate ca semne ale experienţelor senzoriale ale altor oameni) şi le ataşăm un concept – acela de obiect corporal. Din punct de vedere logic, conceptul acesta nu este identic cu totalitatea acelor impresii senzoriale, ci este o creaţie liberă a spiritului uman (sau animal). Pe de altă parte însă, acest concept îşi datorează în mod exclusiv semnificaţia şi justificarea totalităţii acelor impresii senzoriale cărora le este asociat.3

Al doilea pas constă în aceea că, în gândirea noastră (care ne determină aşteptările), atribuim respectivului concept de obiect corporal o semnificaţie în mare măsură independentă de impresiile senzoriale în legătură cu care a luat fiinţă. Asta este ceea ce avem în vedere atunci când atribuim obiectului corporal „existenţă reală", îndreptăţirea acestei postulări constă exclusiv în faptul că prin intermediul conceptelor de acest fel şi al relaţiilor mentale dintre ele izbutim să ne orientăm în labirintul impresiilor senzoriale. Aceste concepte şi relaţii – deşi sunt construcţii libere ale gândirii – ni se par mai solide şi mai statornice decât o experienţă senzorială individuală, de care nu suntem niciodată absolut siguri că n-are caracterul unei iluzii sau al unei halucinaţii.4 Pe de altă parte, aceste concepte şi relaţii, îndeosebi postularea unor obiecte reale şi în general a unei „lumi reale", se justifică numai în măsura în care sunt legate de experienţe senzoriale, între care stabilesc legături mentale.

Faptul însuşi că totalitatea experienţelor noastre senzoriale este de aşa natură încât poate fi ordonată prin

gândire (prin operaţii cu concepte şi prin crearea şi aplicarea anumitor legături funcţionale dintre acestea, precum şi prin coordonarea experienţelor senzoriale cu conceptele) poate, desigur.

102

să ne mire, dar niciodată nu va fi înţeles. S-ar putea spune că ceea ce va rămâne veşnic neinteligibil în privinţa lumii este inteligibilitatea ei. Lui Immanuel Kant îi revine marele merit de a-şi fi dat seama că fără această inteligibilitate recunoaşterea unei lumi exterioare reale ar fi lipsită de sens.

Expresia „inteligibilitate" („Begreiflichkeit"), aşa cum o folosim aici, trebuie luată în accepţiunea ei cea mai modestă.

Ea înseamnă: realizarea unei ordini între experienţele senzoriale, prin crearea de concepte generale şi de relaţii între aceste concepte, ca şi prin relaţii stabilite într-un fel oarecare între concepte şi experienţele senzoriale, în sensul acesta este inteligibilă lumea experienţelor noastre senzoriale, iar faptul că e inteligibilă este un miracol.5

Despre modul în care trebuie construite şi legate între ele conceptele, ca şi despre modul cum trebuie să le coordonăm cu experienţele senzoriale, nu se poate spune, după părerea mea, nimic *a priori*. Numai succesul în edificarea unei ordini în experienţele senzoriale este cel care decide. Necesară este doar enunţarea de reguli privind legăturile dintre conceptele respective, căci altminteri nu ar fi posibilă o cunoaştere ca aceea spre care năzuim. Aceste reguli au fost comparate cu regulile unui joc, care sunt ca atare arbitrare, dar a căror respectare strictă face abia cu putinţă jocul. Fixarea acestor reguli nu va fi însă niciodată definitivă, ci se poate pretinde valabilă numai pentru un domeniu de aplicaţie determinat

(cu alte cuvinte, nu există categorii definitive în sensul lui

Kant).

Corelaţiile conceptelor elementare din gândirea

curentă cu complexe de senzaţii pot fi sesizate numai în mod intuitiv şi nu sunt susceptibile de o determinare logic-ştiinţifică.

Totalitatea acestor legături – inexprimabile ele însele conceptual – este singurul lucru ce deosebeşte edificiul ştiinţei de o schemă logică conceptuală goală; graţie acestor corelaţii, propoziţiile pur conceptuale ale ştiinţei devin enunţuri generale despre complexe de experienţe senzoriale.

Conceptele legate în mod direct şi intuitiv cu complexe tipice de experienţe senzoriale le vom numi „concepte primare". Toate celelalte concepte au sens – considerate din punct de vedere fizic – numai în măsura în care se leagă.

103

prin propoziţii, cu „conceptele primare". Aceste propoziţii sunt în parte definiţii ale conceptelor (şi enunţuri deductibile logic din acestea), iar în parte propoziţii ce nu decurg din definiţii, ci enunţă, cel puţin indirect, relaţii între „concepte primare" şi deci între experienţe senzoriale. Propoziţiile de acest din urmă fel sunt „aserţiuni despre realitate" sau „legi ale naturii", adică propoziţii care trebuie să fie confirmate (*sich zu bewahren haben*) prin raportare la experienţe senzoriale cuprinse sub concepte primare.6 Care dintre propoziţii trebuie considerate drept definiţii şi care drept legi ale naturii, aceasta depinde în mare măsură de formularea aleasă; o atare diferenţiere este însă cu adevărat necesară numai atunci când vrem să aflăm în ce măsură întreg sistemul conceptual considerat posedă, din punct de vedere fizic, un conţinut.

2. Stratificarea sistemului ştiinţific

Scopul ştiinţei este, întâi, cuprinderea şi conectarea conceptuală cât mai *completă* a experienţelor senzoriale în toată diversitatea lor, iar, în al doilea rând, atingerea acestui scop *prin folosirea unui minim de concepte şi relaţii primare* (năzuind spre unitatea cât mai logică a imaginii despre lume, adică spre simplitatea logică a bazei

sale).7

Ştiinţa se foloseşte de întreaga multitudine a conceptelor primare, adică a conceptelor legate nemijlocit de experienţe senzoriale, ca şi de multitudinea propoziţiilor care leagă între ele aceste concepte, în primul ei stadiu de dezvoltare ea nu conţine nimic mai mult. Gândirea noastră de toate zilele se mulţumeşte, în linii mari, să rămână la această treaptă. Un spirit cu adevărat ştiinţific nu se poate împăca însă cu această situaţie, deoarece mulţimea de concepte şi relaţii ce se pot dobândi astfel este total lipsită de unitate logică. Pentru a remedia acest neajuns, el inventează un sistem mai sărac în concepte şi relaţii, ce cuprinde conceptele şi relaţiile primare din „primul strat" în calitate de concepte şi relaţii logic derivate. Preţul care se plăteşte pentru gradul mai înalt de unitate logică al acestui nou sistem, „secundar", constă în faptul că noţiunile sale iniţiale (conceptele din „stratul

al doilea") nu mai sunt legate nemijlocit de complexe de experienţe senzoriale. Năzuinţa continuă spre simplitate logică duce la edificarea unui sistem terţiar, cu un număr şi mai mic de concepte şi relaţii, din care să poată fi deduse conceptele şi relaţiile aparţinând stratului secundar (şi astfel, indirect, şi cele din stratul primar). Lucrurile continuă în acest fel, până când ajungem la un sistem a cărui bază logică se caracterizează prin cea mai mare unitate şi economie de concepte imaginabilă, compatibil cu ansamblul datelor furnizate de simţuri. Nu ştim dacă în felul acesta vom ajunge vreodată la un sistem definitiv. Când ni se cere părerea, înclinăm să răspundem că nu; dar când ne confruntăm efectiv cu problemele, suntem animaţi de speranţa că acest ţel suprem poate realmente să fie atins într-o mare măsură.

Un adept al teoriei abstracţiei sau a inducţiei ar numi straturile despre care am vorbit mai înainte „grade de abstractizare". Mie însă mi se pare greşit să disimulăm independenţa logică a conceptelor faţă de experienţele

senzoriale; nu avem de-a face aici cu o relaţie cum este cea dintre supă şi carnea din care este preparată, ci mai degrabă cu una de felul celei ce există între numărul de la garderobă şi pardesiu.

În plus, straturile nu sunt net delimitate între ele. Nu este cu totul clară nici apartenenţa unui concept la stratul primar.

De fapt, este vorba de concepte construite în mod liber, legate în mod intuitiv de complexe de experienţe senzoriale cu o siguranţă suficientă pentru aplicare, astfel încât să nu existe incertitudine în constatarea acordului sau dezacordului unei propoziţii cu o experienţă particulară. Esenţială este doar năzuinţa de a reprezenta multitudinea conceptelor şi propoziţiilor apropiate de experienţă ca fiind deduse logic dintr-o bază cât mai restrânsă de concepte şi relaţii fundamentale, care pot fi, ele însele, liber alese (axiome). Această libertate de alegere nu este însă fără limite; ea nu seamănă cu libertatea unui romancier, ci mai curând cu libertatea unui om căruia i s-a dat să rezolve un joc de cuvinte încrucişate bine conceput. El poate propune, ce-i drept, ca soluţie orice cuvânt vrea; dar de fapt există *unul singur* care realmente rezolvă jocul în toate părţile lui. Că natura, aşa cum este ea accesibilă simţurilor noastre, are caracterul unui asemenea

joc de cuvinte încrucişate bine făcut este o credinţă pe care, ce-i drept, succesele de până acum ale ştiinţei o încurajează întrucâtva.8

Multitudinea de straturi despre care am vorbit mai sus corespunde progreselor realizate în cursul dezvoltării în lupta pentru unitatea bazei. Din perspectiva telului final, straturile intermediare au doar o valoare temporară, urmând să dispară la sfârşit ca irelevante. Noi avem de-a face însă cu ştiinţa de astăzi, în care aceste straturi reprezintă succese parţiale problematice, care se susţin reciproc, dar se şi primejduiesc reciproc; căci sistemul conceptual de astăzi conţine incongruenţe profunde, de

care ne vom izbi mai târziu.

Scopul rândurilor care urmează este să arăt pe ce căi a păşit spiritul uman constructor spre a ajunge la o bază conceptuală cât mai unitară din punct de vedere logic a fizicii.

3. Mecanica şi încercarea de a întemeia pe ea întreaga fizică

O proprietate importantă a experienţelor noastre senzoriale, ca şi a experienţelor noastre în general, este ordinea lor temporală. Această proprietate de ordine duce la construirea mentală a timpului subiectiv, o schemă ordonatoare pentru experienţele noastre. Timpul subiectiv, cum vom vedea mai departe, duce apoi, prin conceptul de obiect corporal şi de spaţiu, la conceptul de timp obiectiv.

Conceptului de timp obiectiv îi precedă însă cel de spaţiu, iar acestuia îi precedă conceptul de obiect corporal; ultimul este legat în mod direct cu complexe de experienţe senzoriale. O proprietate caracteristică a conceptului de „obiect corporal” constă, după cum s-a arătat, în aceea că noi corelăm cu un asemenea obiect o existenţă independentă de timp

(de „timpul subiectiv”) şi independentă de perceperea lui senzorială. Facem asta în ciuda faptului că percepem în el schimbări temporale. După cum a evidenţiat pe bună dreptate Poincaré, la obiectele corporale deosebim două feluri de schimbări – „schimbări de stare” şi „schimbări de po

ziţie”; acestea din urmă sunt, spunea el, acele schimbări pe care le putem anula prin mişcări arbitrare ale corpului nostru.

Că există obiecte corporale cărora înăuntrul unui anumit domeniu perceptual nu trebuie să le atribuim niciun fel de schimbări de stare, ci doar schimbări de poziţie, este un fapt de importantă fundamentală pentru formarea conceptului de spaţiu (iar într-o anumită măsură chiar şi pentru justificarea noţiunii de obiect corporal); vom conveni să spunem despre un asemenea obiect că este

„practic rigid”.

Dacă considerăm simultan ca obiect al percepţiei noastre două corpuri practic rigide, altfel spus dacă considerăm două asemenea corpuri ca formând un întreg, pentru acest întreg vor exista schimbări ce *nu* vor putea fi considerate drept schimbări de poziţie ale întregului, deşi ele sunt schimbări de poziţie pentru fiecare dintre componente. Aceasta duce la noţiunea de „schimbare a poziţiei relative” a celor două obiecte, şi implicit şi la noţiunea de „poziţie relativă” a celor două obiecte. Se vădeşte, mai departe, că printre poziţiile relative există una de un fel aparte, pe care o numim „contact”.

Contactul permanent între două corpuri în trei sau mai multe „puncte” înseamnă unirea lor într-un corp compus (cvasi-rigid). Se poate spune că primul corp a fost prelungit în mod cvasi-rigid prin cel de-al doilea, care poate fi şi el, la rândul său, prelungit în mod cvasi-rigid. Posibilitatea prelungirii cvasi-rigide a unui corp este nelimitată. Esenţialul imaginarei prelungiri cvasi-rigide a unui corp *K0* îl constituie „spaţiul” infinit determinat de ea.

După părerea mea, faptul că fiecare corp, situat într-un fel oarecare, poate fi pus în contact cu prelungirea cvasi-rigidă a unui anumit corp *K0* arbitrar ales (corpul de referinţă) constituie baza empirică a conceptului nostru de spaţiu.

În gândirea preştiinţifică, scoarţa solidă a Pământului joacă rolul lui *kq* şi al prelungirii sale. Însuşi numele de geometrie ne sugerează că noţiunea de spaţiu este legată psihologic cu

Pământul în calitate de corp de referinţă.9

— Ţine de natura lucrurilor că nu putem vorbi despre toate acestea decât folosind concepte construite de noi, ce nu pot fi definite.

Esenţial e însă că folosim numai concepte de a căror coordonare cu materialul experienţei noastre avem dreptul să ne socotim siguri.

Îndrăzneaţă noţiune de spaţiu, care a precedat orice

geometrie ştiinţifică, a transformat pe plan mintal conceptul de relaţii de poziţie între obiecte corporale în conceptul de poziţie a obiectelor corporale „în spaţiu”. Aceasta reprezintă, în sine, deja o mare simplificare formală. Graţie acestei transformări, orice enunţ referitor la poziţie este implicit un enunţ privitor la contact; enunţul că un punct al unui obiect corporal se află în punctul *P* din spaţiu înseamnă că obiectul atinge cu punctul respectiv punctul P al corpului de referinţă

KQ (pe care-l presupunem prelungit în mod corespunzător).

În geometria grecilor spaţiul joacă numai un rol aşa zicând calitativ: poziţia corpurilor era gândită, ce-i drept, în raport cu el, dar nu era descrisă prin numere. Descartes a fost primul care, mai târziu, a făcut acest lucru, în limbajul său, întregul conţinut al geometriei euclidiene poate fi întemeiat axiomatic pe următoarele enunţuri: (1) Două puncte specificate ale unui corp rigid determină un segment de dreapta.

(2) Putem asocia punctelor din spaţiu triplete de numere Xv

X2, X3, astfel încât pentru orice segment P – P” ale cărui capete au coordonatele *X*\, *X 2*, *X 3*, *X* \, *X*” *2*, *X*” *3* expresia

S = (xjx;) 2 + (x? – xy2 + (XExyz să fie independentă de poziţia corpului respectiv şi a tuturor celorlalte corpuri. Numărul (pozitiv) *s* se numeşte lungimea segmentului sau distanţa dintre cele două puncte spaţiale P

şi P” (care coincid cu punctele P şi P” ale segmentului).

Formularea este anume aleasă de aşa manieră, încât să evidenţieze clar nu numai conţinutul logico-axiomatic, ci şi pe cel empiric al geometriei euclidiene. Prezentarea pur logică

(axiomatică) a geometriei euclidiene are, ce-i drept, avantajul unei mai mari clarităţi şi simplităţi. Avantajul acesta este plătit însă prin renunţarea la reprezentarea legăturii dintre construcţia conceptuală şi experienţa

senzorială, legătură pe care se sprijină în mod exclusiv semnificaţia geometriei pentru fizică. Eroarea fatală de a crede că geometria euclidiană şi conceptul de spaţiu cu care operează ea au la bază o necesitate a gândirii anterioară oricărei experienţe a izvorât din

108

faptul că a fost dată uitării baza empirică pe care se sprijină construcţia axiomatică a geometriei euclidiene.10

În măsura în care putem vorbi de existenta corpurilor rigide în natură, geometria euclidiană este o ştiinţă fizică ce trebuie confirmată prin confruntarea cu experienţa senzorială.

Ea se referă la totalitatea propoziţiilor ce trebuie să fie valabile pentru poziţiile relative ale corpurilor rigide independent de timp. După cum se vede, conceptul fizic de spaţiu, aşa cum a fost folosit iniţial în fizică, este legat şi el de existenţa corpurilor rigide.

Din punct de vedere fizic, importanţa centrală a geometriei euclidiene constă în aceea că, independent de natura specifică a corpurilor despre a căror poziţie relativă este vorba, enunţurile ei pretind a fi valabile. Simplitatea ei formală este caracterizată prin proprietăţile de omogenitate şi izotropie

(şi existenţa unor entităţi asemănătoare).

Pentru geometria propriu-zisă, adică pentru formularea regularităţilor privitoare la poziţiile relative ale corpurilor rigide, conceptul de spaţiu este, ce-i drept, util, însă nu şi indispensabil, în schimb, conceptul de timp obiectiv, fără de care nu este posibilă formularea fundamentelor mecanicii clasice, este legat de conceptul de continuu spaţial.

Introducerea timpului obiectiv constă în două aserţiuni reciproc independente:

(1) Introducerea timpului local obiectiv, prin corelarea şirului temporal al existenţelor cu indicaţiile unui „ceasornic”, adică ale unui sistem închis cu mişcare periodică.

(2) Introducerea conceptului de timp obiectiv pentru

evenimentele din *întregul spaţiu*, prin care, abia, noţiunea de timp local este lărgită până la noţiunea de timp din fizică.

Observaţie la (1). După părerea mea, nu comitem un *petitio principii* punând noţiunea de mişcare periodică înaintea celei de timp, când e vorba de clarificarea originii şi a conţinutului empiric al noţiunii de timp. Această concepţie corespunde întru totul primordialităţii conceptului de corp rigid

(respectiv cvasi-rigid) în interpretarea noţiunii de spaţiu.

Dezvoltare la punctul (2). Iluzia care a domnit înainte de formularea teoriei relativităţii, că ar fi *a priori clar* din punctul de vedere al experienţei ce înseamnă simultaneitatea în

raport cu evenimentele distanţate în spaţiu şi ce înseamnă timpul fizic în general îşi are originea în faptul că în experienţa cotidiană putem neglija timpul de propagare a luminii.

Suntem obişnuiţi de aceea să nu deosebim între „simultan”.

şi „a se întâmpla simultan”, ceea ce duce la ştergerea deosebirii dintre timp şi timp local.

Imprecizia ce afectează noţiunea de timp a mecanicii clasice, din punctul de vedere al semnificaţiei ei empirice, a fost ascunsă în prezentările axiomatice, prin aceea că ele au tratat spaţiul şi timpul ca pe un dat independent de experienţele senzoriale. O asemenea ipostaziere (autonomizare)

a unor noţiuni nu este neapărat păgubitoare pentru ştiinţă;

ea poate însă lesne să genereze eroarea de a uita originea empirică a acestor noţiuni şi de a le considera drept necesităţi înscrise în structura gândirii, şi prin aceasta imuabile, ceea ce poate deveni o primejdie reală pentru progresul ştiinţei.11

Pentru dezvoltarea mecanicii şi implicit a fizicii în

general a fost un noroc că gânditorilor mai de demult le-a rămas ascunsă imprecizia aferentă conceptului de timp obiectiv în privinţa interpretării lui empirice. Cu deplină încredere în semnificaţia reală a construcţiei spaţio-temporale a fost edificat fundamentul mecanicii, care poate fi caracterizat în felul următor:

(a) Conceptul de punct material: obiect corporal care, în ce priveşte poziţia şi mişcarea, poate fi descris cu suficientă precizie drept un punct cu coordonatele *xv x2, x3*. Descrierea mişcării sale (în raport cu „spaţiul" *K0*) luând *xif X2, x3* ca funcţii de timp.

(b) Legea inerţiei: dispariţia componentelor acceleraţiei pentru un punct material care este suficient depărtat de toate celelalte.

(c) Legea mişcării (punctului material): forţa = masa x acceleraţia.

(d) Legile forţei (ale acţiunii reciproce între puncte materiale).

Aici (b) nu este decât un caz special important al lui (c).

O teorie reală există doar atunci când sunt date legile forţei;

forţele trebuie mai întâi să satisfacă doar legea egalităţii acţiunii şi reacţiunii, pentru ca un sistem de puncte – legate

110

permanent în spaţiu prin forţe unul de altul – să se comporte ca *un singur* punct material. Aceste legi fundamentale, împreună cu legea newtoniană a forţei gravitaţionale, formează baza mecanicii cereşti clasice, în această mecanică a lui Newton, prin contrast cu concepţia despre spaţiu expusă mai sus şi derivată din ideea de corp rigid, spaţiul

KQ intervine într-un mod ce pune în joc un element nou: valabilitatea lui (b) şi (c) nu este cerută (considerând dată legea forţei) pentru orice K0, ci numai pentru asemenea *K0* care se află într-o stare de mişcare corespunzătoare (sistemele inerţiale). Prin aceasta, spaţiul

de coordonate dobândeşte o proprietate fizică independentă, absentă din noţiunea pur geometrică de spaţiu-fapt care i-a dat multă bătaie de cap lui Newton (experimentul cu vasul).

Mecanica clasică este doar o schemă generală; ea devine o teorie abia prin indicarea explicită a legilor forţei (d), aşa cum a făcut cu atâta succes Newton pentru mecanica cerească. Din punctul de vedere al obiectivului maximei simplităţi logice a fundamentelor, această metodă teoretică prezintă neajunsul că legile forţei nu pot fi obţinute prin consideraţii logice şi formale, astfel încât alegerea lor este în mare măsură *a priori* arbitrară. Legea gravitaţională a forţei formulată de

Newton se deosebeşte exclusiv prin *succesul* ei de alte legi ale forţei care se pot concepe.

În ciuda faptului că astăzi ştim în mod pozitiv că mecanica clasică nu oferă un fundament satisfăcător pentru întreaga fizică, ea continuă să stea în centrul întregii noastre gândiri în fizică. Motivul e că, cu tot progresul important realizat de la Newton încoace, noi nu am ajuns încă la un nou fundament al fizicii din care să fim siguri că s-ar putea deduce logic întreaga complexitate a fenomenelor cercetate şi a sistemelor teoretice parţiale încununate de succes. Voi

— Acest defect al teoriei ar fi putut fi remediat numai printr-o asemenea formulare a mecanicii, care să rămână valabilă pentru orice *kg*. Acesta este unul din paşii care au condus la teoria generală a relativităţii. Un al doilea defect, care se elimină tot aşa, numai prin introducerea teoriei generale a relativităţii, constă în aceea că în cadrul mecanicii nu există nicio raţiune pentru egalitatea masei inerţiale a punctului material cu masa lui gravitaţională.

111

Încerca, în cele ce urmează, să descriu pe scurt cum stau lucrurile în această privinţă.

Să încercăm mai întâi să stabilim clar în ce măsură sistemul mecanicii clasice s-a dovedit apt să servească drept bază pentru întreaga fizică. Cum ceea ce ne

preocupă aici sunt numai fundamentele fizicii şi evoluţia lor, putem lăsa deoparte progresele *pur formale* ale mecanicii (ecuaţiile lui Lagrange, ecuaţiile canonice etc.). Doar o observaţie pare a fi indispensabilă. Noţiunea de „punct material" este fundamentală pentru mecanică. Dacă vom căuta acum mecanica unui obiect corporal ce *nu* poate fi tratat el însuşi ca punct material – or, strict vorbind, orice obiect „perceptibil prin simţuri" aparţine acestei categorii – se pune întrebarea:

Cum ne vom imagina obiectul ca alcătuit din puncte materiale şi ce forţe trebuie să admitem că acţionează între ele?

Formularea acestei întrebări este indispensabilă, dacă mecanica pretinde să ofere o descriere *completă* a obiectelor.

Stă în tendinţa firească a mecanicii să presupună că aceste puncte materiale şi legile forţelor ce acţionează între ele sunt invariabile, dat fiind că modificările temporale s-ar afla în afara domeniului explicaţiei mecanice. Vedem de aici că mecanica clasică trebuie să ne ducă în mod necesar la o construcţie atomistă a materiei, înţelegem acum cu deosebită claritate cât de mult greşesc acei teoreticieni ai cunoaşterii care cred că teoria ia naştere inductiv din experienţă. Nici măcar marele Newton n-a putut evita această eroare („Hypotheses non fingo").12

Spre a nu se pierde fără speranţă în această linie de gândire (atomistă), ştiinţa procedează mai întâi în felul următor. Mecanica unui sistem este determinată dacă energia lui potenţială este dată ca funcţie de configuraţia lui. În cazul când forţele ce acţionează în el sunt de aşa natură încât garantează menţinerea anumitor calităţi de ordine ale configuraţiei sistemului, atunci configuraţia poate fi descrisă cu destulă acurateţe printr-un număr relativ mic de variabile de configuraţie *qr*; energia potenţială este considerată numai în măsura în care depinde de *aceste* variabile de configuraţie (de exemplu, descrierea configuraţiei unui corp practic rigid cu ajutorul a şase variabile).

Un al doilea mod de aplicare a mecanicii care evită considerarea unei divizări a materiei ce-ar merge până la punctele ei materiale „reale” este mecanica aşa-numitelor medii continue. Aceasta se caracterizează prin ficţiunea că densitatea materiei şi viteza ei sunt continuu dependente de coordonate de timp şi că acea parte a interacţiunilor care nu este dată în mod explicit poate fi considerată drept forţe superficiale (forţe de presiune) ce sunt de asemenea funcţii continue ale poziţiei. De aceasta ţin teoria hidrodinamică şi teoria elasticităţii corpurilor solide. Aceste teorii evită introducerea explicită a punctelor materiale, prin ficţiuni care, în raport cu fundamentul mecanicii clasice, nu pot avea decât o semnificaţie aproximativă.

Pe lângă marea lor însemnătate *practică*, aceste discipline ştiinţifice au creat – prin extinderea universului ideilor matematice – acele instrumente formale auxiliare (ecuaţiile diferenţiale parţiale) de care era nevoie pentru încercările ulterioare de a da o nouă fundamentare a întregii fizici în comparaţie cu cea a lui Newton.

Aceste două moduri de aplicare a mecanicii aparţin aşa-numitei fizici „fenomenologice”. Pentru acest fel de fizică este caracteristic că uzează de concepte cât mai apropiate de experienţă, dar care, tocmai de aceea, trebuie să renunţe în mare măsură la unitatea fundamentelor. Căldura, electricitatea şi lumina sunt descrise prin variabile de stare speciale şi prin constante speciale ale materiei alături de stările mecanice, iar determinarea tuturor acestor variabile în dependenţa lor reciprocă şi temporală a fost o problemă care a putut fi soluţionată în esenţă numai pe căi empirice. Mulţi dintre contemporanii lui Maxwell vedeau în modul acesta de prezentare scopul ultim al fizicii, la care îşi închipuiau că se poate ajunge pe cale pur inductivă prin experienţă, dată fiind relativa proximitate de experienţă a conceptelor utilizate. Din punct de vedere gnoseologic, J. St. Mill şi E. Mach au susţinut oarecum acest punct de vedere.13

În ce mă priveşte, cred că cea mai mare realizare a mecanicii lui Newton constă în faptul că aplicarea ei consecventă a dus la depăşirea acestui punct de vedere fenomenologic, îndeosebi în studiul fenomenelor termice. Aceasta s-a realizat

113

l: i”.

prin teoria cinetică a gazelor şi, în general, prin mecanica statistică. Prima a legat ecuaţia de stare a gazelor ideale, vâscozitatea, difuziunea şi conductivitatea termică a gazelor şi fenomenele radiometrice ale gazelor, stabilind o conexiune logică între fenomene care, din punctul de vedere al experienţei nemijlocite, n-aveau nimic comun. Cea din urmă a condus la o interpretare mecanică a ideilor şi legilor termodinamicii, ca şi la descoperirea limitei de aplicabilitate a ideilor şi legilor teoriei clasice a căldurii. Această teorie cinetică nu numai că a depăşit cu mult fizica fenomenologică în privinţa unităţii logice a fundamentelor, dar a produs pe deasupra şi valori determinate pentru mărimile adevărate ale atomilor şi moleculelor, obţinute prin câteva metode independente, în afara oricărei îndoieli rezonabile. Aceste progrese decisive au fost obţinute cu preţul corelării punctelor materiale cu configuraţii reale (atomi, respectiv molecule) al căror caracter constructiv-speculativ era evident. Nimeni nu putea spera că va putea vreodată „să perceapă direct” un atom. Legi referitoare la mărimi de stare situate aproape de nivelul observaţiei

(cum sunt temperatura, presiunea, viteza) erau deduse din ideile fundamentale prin calcule complicate, în felul acesta fizica (sau cel puţin o parte a ei), construită iniţial într-o manieră mai „fenomenologică”, a fost redusă, prin fundarea ei pe mecanica newtoniană a atomilor şi moleculelor, la o bază şi mai îndepărtată de experienţă, dar având un caracter mai uniform.

4. Conceptul de câmp

Mecanica newtoniană a izbutit mult mai puţin în explicarea fenomenelor optice şi electrice decât în

domeniile discutate în cele de mai sus. E adevărat că Newton, în teoria sa corpusculară a luminii, a încercat să reducă lumina la mişcarea unor puncte materiale. Ulterior însă, pe măsură ce fenomenele de polarizare, difracţie şi interferenţă a luminii au impus teoriei sale modificări din ce în ce mai nefireşti, s-a impus teoria ondulatorie a luminii a lui Huyghens. Naşterea* acestei teorii s-a datorat în primul rând fenomenelor

optice ale cristalelor şi teoriei sunetului, pe atunci deja elaborată într-o anumită măsură. Este adevărat că şi teoria lui

Huyghens s-a bazat la început pe mecanica clasică. Dar ca purtător al mişcărilor ondulatorii a trebuit introdus eterul ce pătrunde toate corpurile şi a cărui constituţie bazată pe particule materiale nu putea fi explicată prin niciun fenomen cunoscut. Nu s-a putut ajunge niciodată la o imagine clară asupra forţelor interne ce guvernează eterul, nici asupra forţelor ce acţionează între eter şi materia „ponderabilă”. Aşa se face că fundamentele acestei teorii au rămas tot timpul învăluite în beznă. Adevărata bază era o ecuaţie diferenţială parţială a cărei reducere la elemente mecanice a rămas întotdeauna problematică.

Pentru înţelegerea teoretică a fenomenelor electrice şi magnetice au fost introduse din nou mase de un fel deosebit şi s-a admis existenţa între aceste mase a unor forţe cu acţiune la distanţă, similare forţelor gravitaţionale ale lui Newton.

Aceste feluri speciale de materie păreau însă lipsite de proprietatea fundamentală a inerţiei; iar forţele ce acţionau între aceste mase şi materia ponderabilă rămâneau obscure.

Acestor dificultăţi li s-a adăugat caracterul polar al respectivelor feluri de materie, ce nu se încadra în schema mecanicii clasice. Baza teoriei a ajuns şi mai nesatisfăcătoare atunci când au devenit cunoscute fenomenele electrodinamice, cu toate că aceste fenomene

îl conduceau pe fizician la explicarea fenomenelor magnetice prin cele electrodinamice, făcând astfel de prisos ipoteza maselor magnetice (Einstein foloseşte aici expresia „masă" pentru sarcină ca să sublinieze analogia cu mecanica – *n.t.*). Acest progres s-a realizat cu preţul sporirii complexităţii forţelor de interacţiune ce trebuiau admise ca existând între masele electrice în mişcare.

Ieşirea din această situaţie supărătoare graţie teoriei câmpului electric a lui Faraday şi Maxwell reprezintă probabil cea mai profundă transformare suferită de fundamentele fizicii de la Newton încoace. S-a făcut din nou un pas în direcţia speculaţiei constructive, care a mărit distanţa dintre fundamentul teoriei şi nivelul percepţiei senzoriale, într-adevăr, existenţa câmpului se manifestă numai când în el sunt introduse corpuri încărcate electric. Ecuaţiile diferenţiale ale

115

l!!…»…III

lui Maxwell leagă coeficienţii diferenţiali spaţiali şi temporali ai câmpurilor electric şi magnetic. Masele electrice nu sunt altceva decât locuri în care divergenţa câmpului electric nu se anulează. Undele optice apar ca procese de câmp electromagnetice ondulatorii ce se desfăşoară în spaţiu.

Maxwell a încercat, ce-i drept, să dea o interpretare mecanică teoriei sale a câmpului, cu ajutorul unor modele mecanice ale eterului. Aceste încercări au fost însă treptat împinse în umbră în urma reprezentării – purificată de orice adaosuri superflue – a lui Heinrich Hertz, astfel încât în această teorie câmpul a ocupat în cele din urmă poziţia fundamentală pe care în mecanica newtoniană o deţinuseră punctele materiale. Iniţial însă aceasta se aplică numai pentru câmpuri electromagnetice în spaţiul vid.

La început teoria a fost total inoperantă pentru interiorul materiei, fiindcă aici trebuiau introduşi doi vectori electrici legaţi prin relaţii dependente de natura mediului şi inaccesibile analizei teoretice. O situaţie

analogă s-a ivit în legătură cu câmpul magnetic, ca şi în relaţia dintre densitatea curentului electric şi câmp.

H. A. Lorentz a găsit aici o ieşire care a arătat în acelaşi timp calea spre o teorie electrodinamică a corpurilor în mişcare, teorie într-o anumită măsură liberă de supoziţii arbitrare. Teoria sa a fost construită pe următoarea ipoteză fundamentală:

Pretutindeni (inclusiv în interiorul corpurilor ponderabile) sediul câmpului este spaţiul vid-Participarea materiei la fenomene electromagnetice îşi are originea numai în faptul că particulele elementare de materie poartă sarcini electrice imuabile, fiind de aceea supuse pe de o parte la acţiunile unor forţe ponderomotoare, iar pe de altă parte având proprietatea de a genera un câmp. Particulele elementare ascultă de legea newtoniană a mişcării pentru punctul material.

Aceasta este baza pe care H.A. Lorentz a realizat sinteza sa între mecanica lui Newton şi teoria câmpului a lui Maxwell. Neajunsul acestei teorii ţine de faptul că ea încearcă să determine fenomenele combinând ecuaţii diferenţiale parţiale (ecuaţiile maxwelliene ale câmpului pentru spaţiul vid)

cu ecuaţii diferenţiale totale (ecuaţii de mişcare a punctelor), procedeu evident nenatural. Partea nesatisfăcătoare a aces

116

tei concepţii s-a vădit în exterior prin necesitatea admiterii unor dimensiuni finite pentru particule, pentru a împiedica astfel câmpul electromagnetic existent pe suprafeţele lor să devină infinit de mare. În plus, teoria n-a izbutit să ofere nicio explicaţie asupra naturii uriaşelor forţe ce ţin sarcinile electrice în particule individuale. H.A. Lorentz a acceptat aceste slăbiciuni ale teoriei sale, care-i erau bine cunoscute, pentru a putea explica fenomenele corect măcar în liniile lor generale.

Următoarea consideraţie a permis ieşirea dincolo de cadrele lui Lorentz. În vecinătatea unui corp încărcat electric există un câmp magnetic ce contribuie (aparent) la

inerţia lui.

N-ar fi oare posibil să se dea o explicaţie electromagnetică inerţiei totale a particulelor? Este clar că această problemă nu putea fi soluţionată satisfăcător decât dacă particulele puteau fi interpretate drept soluţii regulate ale ecuaţiilor diferenţiale parţiale electromagnetice, Or, ecuaţiile lui Maxwell în forma lor originară nu permit o asemenea descriere a particulelor, deoarece soluţiile lor corespunzătoare conţin o singularitate. Fizicienii teoreticieni au încercat de aceea mult timp să atingă scopul menţionat printr-o modificare a ecuaţiilor lui Maxwell. Aceste încercări însă n-au fost încununate de succes. Aşa se face că obiectivul edificării unei teorii a materiei sub forma unei teorii electromagnetice pure a câmpului n-a putut fi atins pentru moment, deşi în principiu nu se putea ridica nicio obiecţie împotriva posibilităţii realizării unui asemenea obiectiv. Ceea ce a descurajat continuarea încercărilor în această direcţie a fost lipsa oricărei metode sistematice care să ducă la o soluţie. Un lucru mi se pare însă sigur: în fundamentele unei teorii consecvente a câmpului nu este permis să intervină, alături de conceptul de câmp, conceptul de particulă, întreaga teorie trebuie bazată numai pe ecuaţii diferenţiale parţiale şi pe soluţiile lor fără singularităţi.14

5. Teoria relativităţii

Nu există nicio metodă inductivă pe baza căreia să se obţină conceptele fundamentale ale fizicii. Neînţelegerea

117

acestui fapt a reprezentat eroarea filosofică principală a unui mare număr de cercetători din secolul al XIX-lea. Aceasta a fost probabil *cauza* pentru care teoria moleculară şi teoria lui

Maxwell s-au putut impune numai la o dată relativ târzie.15

Gândirea logică este în mod necesar deductivă; ea se întemeiază pe concepte şi axiome ipotetice. Ce ne îndreptăţeşte aşteptarea că le-am putea alege pe acestea

din urmă în aşa fel încât să sperăm în confirmarea consecinţelor lor?

Situaţia cea mai satisfăcătoare se poate întâlni, evident, în acele cazuri în care noile ipoteze fundamentale sunt sugerate de însăşi lumea experienţei. Ipoteza inexistenţei unui *perpetuum mobile* – ca bază a termodinamicii – este un asemenea exemplu de ipoteză fundamentală sugerată de experienţă, tot astfel şi principiul inerţiei al lui Galilei. De acelaşi gen sunt şi ipotezele fundamentale ale teoriei relativităţii, teorie care a condus la o extindere nebănuită şi la o dezvoltare a teoriei câmpului şi în final la prăbuşirea bazelor mecanicii clasice.16

Succesele teoriei Maxwell-Lorentz au dat o mare încredere în validitatea ecuaţiilor electromagnetismului pentru spaţiul vid şi, de asemenea, în particular, în ideea că lumina se propagă „în spaţiu" cu o anumită viteză constantă c.

Această afirmaţie asupra constanţei vitezei de propagare a luminii este validă în raport cu orice sistem inerţial? Dacă n-ar fi, atunci un anumit sistem inerţial special, mai exact o anumită stare a mişcării (a unui corp de referinţă) ar fi privilegiată în raport cu toate celelalte, împotriva acestei idei pledează totuşi toate faptele de experienţă mecanice, electromagnetice şi optice.

A fost de aceea necesar ca validitatea legii constanţei vitezei luminii să fie ridicată la rangul de principiu pentru toate sistemele inerţiale. Din aceasta decurgea necesitatea transformării coordonatelor spaţiale *xir x2, x3* şi a timpului x4, în cazul trecerii de la un sistem inerţial la altul, în conformitate cu „transformarea Lorentz" ce se caracterizează prin invarianta expresiei:

de =

118

(dacă se alege unitatea pentru timp astfel încât viteza luminii *e = 1*).

Prin aceasta timpul şi-a pierdut caracterul lui absolut şi a fost inclus printre coordonatele „spaţiale" având

natură algebrică (aproape) similară. Caracterul absolut al timpului şi în special al simultaneităţii a fost distrus, iar descrierea cvadridimensională a fost introdusă ca singura adecvată.

Pentru a explica echivalenţa tuturor sistemelor inerţiale în raport cu toate fenomenele naturii este necesar să se postuleze invarianta tuturor sistemelor de ecuaţii fizice ce exprimă legi generale în raport cu transformarea Lorentz.

Realizarea acestei exigenţe formează conţinutul teoriei speciale a relativităţii.

Această teorie este compatibilă cu ecuaţiile lui Maxwell;

dar ea este incompatibilă cu bazele mecanicii clasice. Este adevărat că ecuaţiile de mişcare ale punctului material pot fi modificate şi odată cu ele şi expresiile impulsului şi energiei cinetice ale punctului material) într-o asemenea manieră încât să fie satisfăcută teoria; dar conceptul forţei de interacţiune şi, odată cu el, conceptul de energie potenţială a unui sistem îşi pierd temeiul deoarece aceste concepte se bazează pe ideea caracterului absolut al simultaneităţii. Câmpul, aşa cum este el determinat de ecuaţiile diferenţiale, ia locul forţei.

Întrucât teoria de mai sus permite interacţiunile reciproce numai prin mijlocirea câmpurilor, ea cere o teorie de câmp a gravitaţiei, într-adevăr, nu e dificil să se formuleze o asemenea teorie în care, ca şi în teoria lui Newton, câmpul gravitaţional să se poată reduce la un scalar care reprezintă soluţia unei ecuaţii diferenţiale cu derivate parţiale. Cu toate acestea, faptele experimentale pe care le exprimă teoria newtoniană a gravitaţiei ne conduc în altă direcţie, aceea a teoriei generale a relativităţii.

Un aspect nesatisfăcător al fundamentelor mecanicii clasice constă în dublul rol în care apare *aceeaşi* constantă a masei; ca „masă inerţială”, în legea de mişcare şi ca „masă gravitaţională”, în legea gravitaţiei. Ca urmare a acestui fapt, acceleraţia unui corp într-un câmp

gravitaţional pur este independentă de natura lui materială; sau, într-un sistem de

119

coordonate în *acceleraţie uniformă* (accelerat în raport cu un

„Sistem inerţial”), mişcările se desfăşoară ca şi când ar avea loc într-un câmp gravitaţional omogen (în raport cu un sistem de coordonate „în repaus”). Dacă se admite că echivalenţa acestor două cazuri este completă, atunci se obţine o adaptare a gândirii noastre teoretice la faptul că masa gravitaţională şi cea inerţială sunt identice.

Cu aceasta cade privilegierea, ca principiu fundamental, a „sistemelor inerţiale”; va trebui să admitem ca egal îndreptăţite şi transformările de coordonate *neliniare* (*xir x2*, *x3*, X4).

Dacă facem o asemenea transformare a unui sistem de coordonate al teoriei speciale a relativităţii, atunci metrica ds2 = dx2 + *dxt* +

trece într-o metrică generală (nemanniană a lui Baue)

ds2 = *g-lvdx>Jdxv* (însumaţi după *fi* şi v)., unde *g*, simetrice în raport cu */j*, şi v, sunt anumite funcţii de *xir*... *xt* care descriu atât proprietăţile metrice cât şi câmpul gravitaţional al spaţiului în raport cu noul sistem de coordonate.

Acest progres în interpretarea fundamentelor mecanicii va trebui să fie plătit însă prin aceea că – după cum va deveni evident la o analiză mai atentă – noile coordonate nu mai pot fi interpretate nemijlocit ca rezultate ale unor măsurători cu corpuri rigide şi ceasornice, cum se putea face în sistemul original (un sistem inerţial cu câmp gravitaţional care se anulează).

Trecerea la teoria generală a relativităţii se înfăptuieşte prin supoziţia că o asemenea reprezentare a proprietăţilor

(adică printr-o metrică nemanniană) se justifică de asemenea şi în cazul *general* în care nu există un sistem de coordonate în raport cu care metrica să ia forma

cvasieuclidiană simplă a teoriei speciale a relativităţii.

Acum coordonatele, în sine, nu mai exprimă relaţii metrice, ci doar „vecinătăţi" ale lucrurilor descrise, ale căror coordonate diferă puţin una de alta. Toate transformările de

coordonate trebuie admise atâta timp cât aceste transformări nu au singularităţi. Numai acele ecuaţii pot să fie admise ca expresii ale legilor generale ale naturii care sunt covariante în raport cu transformări arbitrare în acest sens (postulatul covariantei generale).

Primul obiectiv al teoriei generale a relativităţii a fost stabilirea unei formulări preliminare care, în condiţiile renunţării la anumite exigenţe ale închiderii interne, poate fi corelată în cea mai simplă manieră posibilă cu „faptele percepute direct". Teoria newtoniană a gravitaţiei oferea un exemplu prin restrângerea sa la mecanica pură a gravitaţiei. Această formulare preliminară poate fi caracterizată prin următoarele:

(1) Conceptul de punct material şi al masei lui sunt menţinute. Legea de mişcare pentru el reprezintă traducerea legii inerţiei în limbajul teoriei generale a relativităţii. Această lege este un sistem de ecuaţii diferenţiale totale ce caracterizează o linie geodezică.

(2) în locul legii newtoniene a interacţiunii gravitaţionale se găseşte sistemul celor mai simple ecuaţii diferenţiale general covariante pe care le putem stabili pentru tensorul g.

El ia naştere făcând egal cu zero tensorul de curbură nemannian contractat (N = O).

Această formulare ne permite să tratăm problema planetelor. Mai exact spus, ea permite examinarea problemei mişcării punctelor materiale de masă practic neglijabilă într-un câmp gravitaţional (central simetric) produs de un punct material presupus „în repaus". Ea nu ia în considerare reacţia punctelor materiale „în mişcare" asupra câmpului gravitaţional, nici nu consideră modul în care masa centrală produce acest câmp gravitaţional.

Analogia cu mecanica clasică ne arată că teoria poate fi completată pe calea următoare. Se ia ca ecuaţie de câmp:

unde *R* reprezintă scalarul curburii nemanniene, *Tik* tensorul energie al materiei într-o reprezentare fenomenologică.

Partea stângă a ecuaţiei este aleasă astfel încât divergenţa ei este simultan egală cu zero. Rezultatul obţinut prin această

121

anulare a divergenţei membrului drept ne dă „ecuaţiile de mişcare” ale materiei sub forma ecuaţiilor diferenţiale cu derivate parţiale pentru cazul în care Tft introduce, pentru descrierea materiei, numai *patru* alte funcţii reciproc independente (de exemplu, densitatea, presiunea şi componentele vitezei, unde între ultimele are loc o identitate, iar între presiune şi densitate o ecuaţie de condiţie).

Prin această formulare se reduce întreaga mecanică a gravitaţiei la soluţionarea unui singur sistem de ecuaţii diferenţiale parţiale covariante. Teoria înlătură toate dificultăţile interne de care era afectată baza mecanicii clasice. Ea este suficientă – după câte ştim – pentru reprezentarea faptelor observate ale mecanicii cereşti. Dar ea se aseamănă unei clădiri care are o aripă din marmură fină (partea stângă a ecuaţiei), pe când o altă aripă este făcută din lemn lipsit de valoare

(partea dreaptă a ecuaţiei). Reprezentarea fenomenologică a materiei nu este decât un substitut imperfect pentru o reprezentare care ar corespunde tuturor proprietăţilor cunoscute ale materiei.

Nu este greu să se unifice teoria câmpului electromagnetic a lui Maxwell cu teoria câmpului gravitaţional, atâta vreme cât ne restrângem la spaţiul fără materie ponderabilă şi fără densitate electrică. Tot ceea ce este necesar să se facă este să se ia în al doilea membru al ecuaţiei de mai sus pentru *Tik*, tensorul energiei pentru câmpul electromagnetic în spaţiul vid, şi să se asocieze cu

sistemul ecuaţiilor astfel modificate ecuaţia de câmp a lui Maxwell pentru spaţiul vid, scrisă în forma generală covariantă. În aceste condiţii va exista între toate aceste ecuaţii un număr suficient de identităţi diferenţiale pentru a garanta compatibilitatea sistemului. Putem adăuga că această proprietate formală necesară a sistemului total de ecuaţii lasă deschisă alegerea semnului membrului *Tik*, fapt ce s-a dovedit ulterior a fi important.

Năzuinţa spre cea mai înaltă unitate posibilă a fundamentelor unei teorii a determinat câteva încercări de a include câmpul gravitaţional şi câmpul electromagnetic într-o singură imagine formală omogenă, în acest sens trebuie să menţionăm în special teoria cu 5 dimensiuni a lui Kaluza şi Klein.

După ce am examinat cu mare atenţie această posibilitate.

cred că este mai potrivit să se accepte lipsa de uniformitate internă a teoriei originale, deoarece nu consider că totalitatea ipotezelor de bază ale teoriei cu 5 dimensiuni conţine mai puţine elemente arbitrare decât conţine teoria originală. Aceeaşi afirmaţie se poate face şi despre varianta degenerată proiectivă a teoriei, care a fost elaborată atent în special de van Dantzig şi Pauli.

Consideraţiile de mai sus se referă exclusiv la teoria câmpului fără materie. Cum trebuie să procedăm mai departe pentru a obţine o teorie completă a materiei constituite din atomi? într-o asemenea teorie trebuie, în orice caz, să fie excluse singularităţile, deoarece altminteri ecuaţiile diferenţiale n-ar determina complet câmpul total. Aici, în teoria de câmp a relativităţii generale, întâlnim aceeaşi problemă a reprezentării teoretice de câmp a materiei, aşa cum au apărut originar numai pentru teoria lui Maxwell.

Şi aici încercarea de a construi particulele pornind de la teoria câmpului conduce, evident, la singularităţi. Şi aici a fost făcută încercarea de a se depăşi acest inconvenient prin introducerea unor noi variabile de câmp şi prin

complicarea şi extinderea sistemului ecuaţiilor câmpului. Recent, am descoperit totuşi, în colaborare cu dr. Nathan Rosen, că cea mai simplă combinaţie între ecuaţiile de câmp ale gravitaţiei şi electricităţii menţionată mai sus produce soluţii central-simetrice pe care le putem considera fără singularităţi (bine cunoscutele soluţii central-simetrice ale lui Schwartzschild pentru câmpul gravitaţional pur şi cele ale lui Reissner pentru câmpul electric luând în considerare acţiunea sa gravitaţională).

Mă voi referi pe scurt la acestea în paragraful 6. În felul acesta pare posibil să se obţină pentru materie şi interacţiunile ei o teorie pură a câmpului fără ipoteze adiţionale, teorie ce poate fi supusă controlului experimental fără să producă alte dificultăţi decât cele de ordin pur matematic, e adevărat, foarte serioase.

6. Teoria cuantică şi fundamentele fizicii

Fizicienii teoreticieni ai generaţiei noastre speră în edificarea unei noi baze teoretice pentru fizică în care se vor utiliza

concepte fundamentale, mult diferite de cele ale teoriei câmpului la care ne-am referit până acum. Aceasta datorită faptului că s-a dovedit necesar pentru reprezentarea matematică a aşa-ziselor fenomene cuantice – să se folosească abordări de un tip nou.

În timp ce eşecul mecanicii clasice, aşa cum a fost acesta relevat de teoria relativităţii, este legat de viteza finită a luminii (excluderea vitezei infinite), la începutul secolului nostru s-a descoperit existenţa unui alt gen de dezacord între consecinţele deductive ale mecanicii şi faptele experimentale, corelat cu mărimea finită (excluderea valorii zero) a constantei *h a* lui Planck, şi anume că, în timp ce mecanica moleculară cere ca atât căldura cât şi densitatea radiaţiei (monocromatice) ale corpurilor solide să descrească *proporţional* cu descreşterea temperaturii absolute, experienţa a arătat că ele descresc mult mai rapid odată cu descreşterea temperaturii. Pentru a explica teoretic acest

comportament a fost necesar să se admită că energia unui sistem mecanic nu poate lua orice valoare, ci anumite valori discrete ale căror expresii matematice depindeau mereu de constanta *h* a lui Planck.

Această concepţie s-a dovedit esenţială şi pentru teoria atomului (teoria lui Bohr). Pentru tranziţia atomilor dintr-o stare în alta – cu sau fără emisie sau absorbţie de radiaţie – nu se pot da legi cauzale, ci numai unele statistice; o concluzie similară e validă pentru dezintegrarea radioactivă a atomilor, care fusese atent studiată în aceeaşi perioadă. Mai mult de două decenii fizicienii au încercat fără succes să găsească o interpretare unitară acestei „mecanici cuantice" a sistemelor şi fenomenelor. O asemenea încercare a reuşit însă cu vreo zece ani în urmă, prin două metode teoretice aparent complet diferite. Una dintre acestea o datorăm lui Heisenberg şi Dirac, iar pe cealaltă lui de Broglie şi Schrödinger. Echivalenta matematică a acestor două metode a fost repede recunoscută de către Schrödinger. Voi încerca să schiţez lima de gândire a lui de Broglie şi Schrödinger, care e mai apropiată de modul de gândire al fizicianului, şi voi însoţi această descriere de anumite consideraţii mai generale.

Mai întâi problema se pune astfel: cum se poate atribui o succesiune directă de valori ale energiei *H0* unui sistem deter

minat în sensul mecanicii clasice (energia este o funcţie dată de coordonatele *qr şi* impulsurile corespunzătoare *pe*) *l* Constanta *h* a lui Planck corelează valorile frecventei t *Hn* cu va*h* u lorile energiei H0. Este ca urmare suficient să se dea unui sistem o serie discretă de valori *ale frecvenţei*. Aceasta ne aminteşte de faptul că în acustică o serie de valori discrete de frecvenţă corespund unei ecuaţii diferenţiale parţiale liniare (dacă se cunosc condiţiile la limită), şi anume soluţii sinusoidale periodice. Schrödinger şi-a pus problema de a pune în corespondenţă cu funcţia de energie dată (*qr*, *pe*), *o* ecuaţie diferenţială

parţială pentru o funcţie scalară y unde *qr* şi timpul *t* sunt variabile independente. El a reuşit să facă aceasta (pentru o funcţie complexă) \/ astfel încât valorile teoretice ale energiei *H0*, aşa cum erau cerute de teoria statistică, să reprezinte efectiv într-o manieră satisfăcătoare soluţiile periodice ale ecuaţiei.

Se înţelege, n-a fost posibil să se asocieze unei soluţii determinate *y* (*qr*, *t*) *a* ecuaţiei lui Schrödinger o mişcare determinată în sensul mecanicii punctelor materiale. Aceasta înseamnă că funcţiei y nu-i corespunde, în orice caz ei nu-i corespunde *exact*, *o* reprezentare a lui *qr* ca funcţie de timpul *t*... Totuşi, urmându-l pe Born, semnificaţia fizică a funcţiei xi/ poate fi interpretată astfel: l *y* 12 (pătratul valorii absolute a unei funcţii complexe \/) reprezintă densitatea de probabilităţi în punctul considerat în spaţiul configuraţiilor al lui *qr* la timpul *t*. Inductiv, dar oarecum imprecis, se poate caracteriza conţinutul ecuaţiei lui Schrödinger în modul următor: ea determină felul în care se modifică în timp densitatea de probabilităţi a unui ansamblu statistic de sisteme în spaţiul configuraţiilor. Pe scurt: ecuaţia lui Schrödinger determină modificarea funcţiei *qr* în timp.

Trebuie să amintim că rezultatele acestei teorii conţin drept cazuri limită rezultatele mecanicii particulelor dacă lungimea de undă cu care ne întâlnim în rezolvarea problemei lui Schrödinger este peste tot suficient de mică, aşa încât energia potenţială variază cu o mărime practic infinit mică pentru o schimbare a unei lungimi de undă în spaţiul configuraţiilor, în aceste condiţii se pot demonstra următoarele. Alegem o

regiune G0 în spaţiul configuraţiilor care, deşi este mare (în orice direcţie) în raport cu lungimea de undă, este mică în raport cu dimensiunile practice ale spaţiului configuraţiilor, în aceste condiţii este posibil să se aleagă o funcţie \/ pentru momentul iniţial *t0*, astfel încât ea se anulează în afara regiunii G0, şi se comportă, conform ecuaţiei lui Schrödinger, de aşa manieră încât ea îşi

menţine această proprietate – cel puţin aproximativ – de asemenea şi pentru un moment ulterior al timpului, dar pentru o regiune G0 care a trecut la timpul *t* într-o altă regiune G. în acest fel se poate vorbi, cu un anumit grad de aproximaţie, de „mişcarea" regiunii G ca întreg şi se poate aproxima această mişcare prin mişcarea unui punct în spaţiul configuraţiilor. Această mişcare va coincide atunci cu mişcarea cerută de ecuaţiile mecanicii clasice.

Experimentele de interferenţă cu raze corpusculare au adus o confirmare strălucită a faptului că natura ondulatorie a fenomenelor de mişcare, aşa cum apare ea în teorie, corespunde realmente cu faptele, în plus, teoria a reuşit să reprezinte cu uşurinţă legile statistice ale tranziţiei unui sistem de la o condiţie cuantică la alta sub acţiunea forţelor externe, ceea ce, din punctul de vedere al mecanicii clasice, apărea ca un miracol. Forţele exterioare erau reprezentate aici prin mici adaosuri, dependente de timp, la energia potenţială, în timp ce în mecanica clasică asemenea adaosuri pot produce doar schimbări corespunzător de mici ale stării sistemului, în mecanica cuantică ele produc schimbări oricât de mari, dar cu probabilitatea corespunzător de mică, o consecinţă în perfectă armonie cu experienţa.

Teoria a oferit chiar şi o înţelegere a legilor dezintegrării radioactive, cel puţin în linii esenţiale.

Niciodată până acum nu a fost elaborată o teorie care să ofere cheia interpretării şi calculării unui grup atât de eterogen de fenomene de experienţă cum a făcut mecanica cuantică. Totuşi, în ciuda acestui fapt, cred că teoria poate să ne poarte pe căi eronate, în căutarea unor fundamente unitare, pentru fizică, deoarece, în opinia mea, ea este o reprezentare *incompletă* a lucrurilor reale17, deşi este singura ce poate fi construită pe baza conceptelor fundamentale de forţă şi punct material (corectarea cuantică a mecanicii clasice). Incomple

titudinea reprezentării este un rezultat al naturii statistice (incompletitudinea) a legilor. Voi încerca să

justific această opinie.

La început, vom întreba: în ce măsură funcţia *y* descrie starea reală a unui sistem mecanic? Să admitem că \/r reprezintă soluţii periodice (luate în ordinea creşterii valorilor energiei) ale ecuaţiei lui Schrödinger. Vom lăsa deschisă, pentru moment, problema în ce măsură v/r luate individual sunt descrieri *complete* ale stărilor fizice. La început sistemul se află în starea \/j cu cea mai mică energie r Apoi, după un interval finit de timp, o forţă perturbatoare mică acţionează asupra sistemului. La un moment ulterior se obţine deci din ecuaţia lui Schrödinger o funcţie de forma

V

unde *Cr* sunt constante (complexe). Dacă sunt „normale", atunci ICil este aproape egal cu l, IC_2I etc. sunt mici în comparaţie cu 1; acum ne putem întreba: descrie y o stare reală a sistemului? Dacă răspunsul este da, atunci singurul lucru care ne mai rămâne este să-i atribuim* o asemenea energie determinată de *e* şi, în particular, o asemenea energie ce depăşeşte *ei* cu puţin (în orice caz *st<e<e2*). O asemenea supoziţie este însă în contradicţie cu experienţele realizate mai întâi de J. Franck şi G. Hertz asupra ciocnirii electronilor, dacă vom accepta în plus demonstraţia lui Millikan asupra naturii discrete a electricităţii. De fapt, aceste experimente duc la concluzia că nu există stări ale energiei unui sistem care să se afle între valorile cuantice. Din aceasta decurge faptul că funcţia noastră y nu descrie în niciun caz o stare unitară a corpului, ci constituie mai degrabă o descriere statistică în care Cr reprezintă probabilităţi ale valorilor individuale ale energiei. Pare clar deci că interpretarea statistică a teoriei cuantice a lui Born este singura posibilă.

Funcţia \/ nu descrie o stare care ar putea fi aceea a unui singur sistem; ea se raportează mai degrabă la mai multe

— Deoarece, conform unei consecinţe bine fundate a teoriei relativităţii, energia unui sistem complet (în repaus) este egală cu inerţia lui (ca întreg). Iar aceasta, desigur,

trebuie să posede o anumită valoare bine determinată.

127

sisteme, la un „ansamblu de sisteme”, în sensul mecanicii statistice. Dacă, exceptând anumite cazuri speciale, funcţia furnizează doar date *statistice* privind mărimi observabile, cauza se află nu doar în aceea că *operaţia de măsurare* introduce elemente necunoscute, care pot fi înţelese doar statistic, ci şi în însuşi faptul că funcţia *y* nu descrie, în niciun sens, starea unui *singur* sistem. Ecuaţia lui Schrddinger determină modificările în timp pe care le suferă ansambluri de sisteme, variaţii ce pot exista indiferent de acţiunea exterioară asupra unui sistem singular.18

O asemenea interpretare elimină de asemenea paradoxul formulat recent de mine împreună cu doi colaboratori, care se referă la următorul caz:

Să considerăm un sistem mecanic alcătuit de două sisteme parţiale A şi B care au interacţionat reciproc numai într-un interval de timp limitat. Fie dată funcţia *y* înainte de interacţiunea lor. Atunci ecuaţia lui Schrödinger va furniza funcţia \/ după ce interacţiunea a avut loc. Să determinăm acum prin măsurători complete starea fizică a sistemului parţial *A*. Atunci mecanica cuantică ne permite să determinăm funcţia *y* a sistemului parţial *B* din aceste măsurători şi din funcţia \/ a sistemului total. Această determinare va oferi însă un rezultat ce va depinde de *care* anume dintre mărimile determinate ce specifică starea sistemului *A* a fost măsurată (de exemplu, *coordonatele* sau *impulsul*). Dar, întrucât nu poate exista decât o *singură* stare fizică a lui B după interacţiunea cu *A*, stare care în mod raţional nu poate fi considerată dependentă de măsurătorile speciale pe care le efectuăm asupra sistemului *A*, separat de B, vom putea trage concluzia că funcţia *y nu* corespunde fără echivoc stării fizice. Corespondenţa unui număr mai mare de funcţii y cu aceeaşi stare fizică a sistemului B ne arată din nou că funcţia \/ nu poate fi interpretată ca o descriere (completă) a unei stări fizice a unui sistem. Şi aici, punerea în

corespondenţă a funcţiei \/

cu un ansamblu de sisteme elimină orice dificultate.

— Operaţia de măsurare a lui *A*, de exemplu, conţine în sine deja o tranziţie la un ansamblu mai limitat de sisteme. Ultimul (şi deci şi funcţia sa *y*) depinde de punctul de vedere conform căruia se face această limitare a ansamblului de sisteme.

128

Faptul că mecanica cuantică permite, într-o manieră atât de simplă, concluzii referitoare la tranziţii (aparent) discontinue de la o stare fizică la alta fără a ne oferi realmente o reprezentare a proceselor specifice, este corelat cu un altul, şi anume cu faptul că teoria nu operează în realitate cu sisteme singulare, ci cu ansambluri de sisteme. Coeficienţii *Cr* din primul nostru exemplu sunt efectiv modificaţi foarte puţin prin acţiunea unei forţe exterioare. O asemenea interpretare a mecanicii cuantice ne permite să înţelegem de ce această teorie explică uşor capacitatea unor forţe perturbatoare mici de *a* provoca modificări oricât de mari ale stării fizice a sistemului. Asemenea forţe perturbatoare produc, într-adevăr, doar alterări corespunzătoare mici ale *densităţii statistice* în ansambluri de sisteme; şi deci numai modificări infinit mici ale funcţiilor *y*, ale căror descrieri matematice prezintă dificultăţi mult mai mici decât cele pe care le-ar implica reprezentarea matematică a modificărilor finite produse asupra unor părţi ale sistemelor singulare. Fenomenul ce se întâmplă în sistemul singular rămâne, e drept, complet neclarificat prin acest mod de a considera lucrurile; el este eliminat complet din reprezentare de modalitatea statistică de abordare.

Dar acum vom întreba: Există realmente vreun fizician care să creadă că noi nu vom obţine niciodată o cunoaştere asupra acestor modificări importante ale sistemelor singulare, asupra structurii lor şi a conexiunilor lor cauzale, şi aceasta independent de faptul că aceste procese individuale ne-au fost aduse atât de aproape graţie minunatelor invenţii ale camerei cu bule Wilson şi

contorului Geiger? A crede aceasta este o posibilitate logic necontradictorie; dar ea se opune cu atâta putere instinctului meu ştiinţific, încât nu pot să renunţ la căutarea unei concepţii mai cuprinzătoare.19

Acestor consideraţii am dori să le adăugăm unele de alt gen care se ridică de asemenea împotriva ideii că metodele introduse de mecanica cuantică ar fi apte de a oferi o bază utilă pentru întreaga fizică, în ecuaţia lui Schrödinger, timpul absolut, respectiv energia potenţială, joacă un rol decisiv, deşi aceste două concepte au fost recunoscute de teoria relativităţii ca inadmisibile în principiu. Dacă dorim să scăpăm de această dificultate, ar trebui să întemeiem teoria pe

noţiunea de câmp şi pe legi ale câmpului, în locul forţelor de interacţiune. Aceasta ne conduce la transpunerea metodelor statistice ale mecanicii cuantice la câmpuri, cu alte cuvinte la sisteme cu un număr infinit de grade de libertate.

Deşi încercările făcute până acum se limitează la ecuaţii liniare, care, aşa cum ştim din teoria generală a relativităţii, sunt insuficiente, complicaţiile apărute până acum în cadrul celor mai ingenioase încercări sunt de-a dreptul îngrozitoare.

Ele ar deveni uriaşe în cazul în care s-ar dori să se satisfacă exigenţele teoriei generale a relativităţii, asupra justeţei principiale a acestora neîndoindu-se nimeni.

Trebuie să observăm, în fine, că introducerea continuului spaţiu-timp poate fi considerată nefirească, dată fiind structura moleculară a oricărui proces ce *se* desfăşoară la scară mică.

Se susţine că succesul metodei lui Heisenberg justifică poate o metodă algebrică pură de descriere a naturii, cu alte cuvinte eliminarea funcţiilor continue din fizică. Dar atunci va trebui să renunţăm, în principiu, la folosirea continuului spaţiu-timp.

Nu este de neimaginat că ingeniozitatea umană va găsi cândva metode ce ne vor da posibilitatea să mergem

pe această cale. În momentul actual un asemenea program ne pare totuşi asemănător cu o încercare de a respira într-un spaţiu vid.

Nu este nicio îndoială că în mecanica cuantică se găseşte un important element de adevăr şi că ea va reprezenta o piatră de încercare pentru orice fundament teoretic viitor, deoarece ea va trebui dedusă ca un caz particular din acest fundament, la fel cum se deduce electrostatica din ecuaţiile lui Maxwell pentru câmpul electromagnetic sau termodinamica din mecanica clasică. Cu toate acestea nu cred că mecanica cuantică va reprezenta *punctul de plecare* în căutarea acestui fundament, la fel cum, viceversa, nu se poate merge de la termodinamică (respectiv, mecanica statistică) la fundamentele mecanicii.20

Dată fiind această situaţie, pare a fi complet îndreptăţită considerarea serioasă a problemei în ce măsură fundamentele fizicii câmpului ar putea fi puse de acord cu faptele teoriei cuantice. Aceasta reprezintă singura bază care, în stadiul actual al mijloacelor noastre de expresie matematică, poate fi adaptată la postulatul teoriei generale a relativităţii; con

vingerea, dominantă printre fizicienii actuali, că o asemenea încercare este sortită eşecului şi-ar putea avea rădăcinile în ideea nejustificată că o asemenea teorie va duce, într-o primă aproximaţie, la ecuaţiile mecanicii clasice pentru mişcarea particulelor sau cel puţin la ecuaţiile diferenţiale totale.

De fapt, până acum n-am reuşit niciodată să reprezentăm teoretic particule prin câmpuri fără singularităţi şi nu putem să spunem nimic *a priori* cu privire la comportarea unor asemenea entităţi. *Un lucru* este totuşi cert: dacă o teorie a câmpului va duce la reprezentarea particulelor fără singularităţi, atunci comportarea acestor particule în timp este determinată exclusiv de ecuaţiile diferenţiale ale câmpului.

7. Teoria relativităţii şi particulele

Aş dori acum să demonstrez că, în conformitate cu teoria generală a relativităţii, există soluţii fără singularităţi ale ecuaţiilor de câmp ce pot fi interpretate ca reprezentări ale particulelor.21 Mă voi limita aici la particulele neutre deoarece într-o altă lucrare recent publicată împreună cu dr. Nathan Rosen am analizat această problemă într-o manieră mai detaliată şi deoarece în acest caz special putem evidenţia în mod complet ceea ce este esenţial în problemă.

Câmpul gravitaţional este în întregime descris de tensorul gMV. în simbolul triplu indexat *rtv* apar de asemenea şi contravariante *g-v* care sunt definite ca minorii lui *g*divizaţi prin determinantul *g* (l *g*l). Pentru ca elementele lui *Rik* să fie definite şi finite nu este suficient numai să existe, pentru vecinătatea oricărui punct al continuului, un sistem de coordonate în care *g* şi derivatele lor de ordinul întâi să fie continue şi diferenţiabile, dar este de asemenea necesar ca determinantul *g* să nu se anuleze nicăieri. Această ultimă restricţie poate fi eliminată dacă se înlocuiesc ecuaţiile diferenţiale *Rik* – O, prin *g2 Rik* – O, partea din stânga fiind alcătuită din funcţii raţionale *întregi* ale lui *gik* şi ale derivatelor lor.

Aceste ecuaţii au soluţiile central simetrice indicate de

Schwartzschild.

131

1 2 m *r* dr2 – r2 (d02 + sin20 d<p2) + 11 – Wr y

Această soluţie are o singularitate pentru *r* = 2 m, deoarece coeficienţii lui dr2 (adică cu) devin infiniţi pe această hipersuprafaţă. Dacă totuşi vom înlocui variabila r prin *p*, definită prin ecuaţia p2 = r-2 m obţinem ds2 = – 4 (2 m + p2) dp2 – (2 m + p2) 2 (d02 + sin20 d (p2) +

„2 m + p2".

Această soluţie se comportă regulat pentru toate valorile lui p. Anularea coeficienţilor lui df2, adică g44 pentru p = O

rezultă, e adevărat, datorită faptului că determinantul *g* se anulează pentru această valoare; ceea

ce însă pentru metodele de scriere a ecuaţiilor de câmp actualmente adoptate nu constituie o singularitate.

Dacă p se extinde de la – °° la + ce>, atunci *r se* extinde de la

+ 00 la *r – 2 m* şi după aceea înapoi la + 00, pe când pentru asemenea valori ale lui *r* corespunzând lui *r < 2 m* nu există valori reale corespunzătoare pentru p. De aici decurge că soluţia

Schwartzschild devine o soluţie regulată dacă ne reprezentăm spaţiul fizic constând din două „pături" identice care se învecinează pe hipersuprafaţă p = 0,adică *r = 2 m*, în timp ce determinantul g pentru această hipersuprafaţă devine nul. Vom numi o asemenea conexiune între două pături (identice) un

„Pod". Ca urmare, existenţa unui asemenea „pod" între cele două pături în domeniul finit corespunde existenţei unei particule materiale neutre care e descrisă fără singularităţi.

Rezolvarea problemei mişcării particulelor neutre conduce în mod evident la descoperirea unor asemenea soluţii ale ecuaţiilor gravitaţionale (scrise fără numitori), care conţin câteva poduri.

132

Concepţia schiţată mai sus corespunde *a priori* structurii atomice a materiei în măsura în care „podul" este prin natura sau un element discret. Mai mult, constanta de masă în a particulelor neutre trebuie să fie în mod necesar pozitivă, deoarece nicio soluţie fără singularităţi nu poate să corespundă soluţiei Schwartzschild pentru o valoare negativă *a lui m*. Numai cercetarea problemei mai multor poduri ne poate arăta dacă această metodă teoretică oferă o explicaţie a egalităţii probate empiric a maselor particulelor găsite în natură, şi dacă ea poate explica faptele pe care mecanica cuantică le-a interpretat minunat.

Într-o manieră analogă este posibil *să* se demonstreze că ecuaţiile combinate ale gravitaţiei şi electricităţii (cu alegerea corespunzătoare a semnului

membrului electric în ecuaţiile gravitaţiei) produc o reprezentare – pod fără singularităţi

— A unei particule electrice. Cea mai simplă soluţie de acest gen este aceea pentru o particulă electrică fără masă gravitaţională.

Atâta vreme cât dificultăţile matematice importante legate de rezolvarea problemei „mai multor poduri” nu sunt depăşite, nu putem spune nimic cu privire la utilitatea teoriei din punct de vedere fizic. Cu toate acestea, ea reprezintă prima tentativă de elaborare consecventă a unei teorii de câmp care oferă posibilitatea explicării proprietăţilor materiei, în favoarea acestei încercări trebuie să adăugăm, de asemenea, că ea se întemeiază pe cele mai simple ecuaţii relativiste de câmp cunoscute azi.

8. Rezumat

Fizica reprezintă un sistem logic de idei aflat în stare de evoluţie, a cărui bază nu se poate obţine distilând-o prin vreo metodă inductivă din datele experienţei, ci numai prin invenţie liberă. Justificarea (conţinutul de adevăr) sistemului se întemeiază pe confirmarea de către datele experienţei a utilităţii teoremelor deduse; relaţia dintre ultimele şi primele poate fi înţeleasă numai intuitiv. Evoluţia sistemului se desfăşoară în direcţia creşterii simplicităţii bazei logice. Pentru

133

a ne apropia de acest ţel trebuie să ne împăcăm cu faptul că fundamentele logice se îndepărtează tot mai mult de faptele experienţei şi că drumul gândirii noastre de la fundamente la teoremele rezultate corelate cu experienţa devine tot mai lung şi greu.22

Scopul nostru a fost acela de a schiţa cât mai concis evoluţia conceptelor fundamentale, evoluţie dependentă de faptele experienţei şi de tendinţa spre atingerea perfecţiunii interne a sistemului. Mi se pare că starea actuală a lucrurilor va fi clarificată cu ajutorul acestor consideraţii, (în mod inevitabil această reprezentare istorică schematică a avut o anumită coloratură personală.) 23

M-am străduit să arăt cum sunt corelate reciproc şi cu natura experienţei conceptele de obiect corporal, spaţiu, timpul subiectiv şi obiectiv, în mecanica clasică, conceptele de spaţiu şi timp sunt independente unul de altul. Conceptul de obiect corporal este înlocuit în fundamente de conceptul de punct material, prin care mecanica a devenit esenţial atomistă. Lumina şi electricitatea au produs dificultăţi insurmontabile atunci când s-a încercat să se facă din mecanică fundamentul întregii fizici. Aceasta a condus la teoria de câmp a electricităţii şi, ulterior, la încercarea de a întemeia fizica în întregime pe conceptul de câmp (după o încercare de compromis cu mecanica clasică). Această încercare a dus la teoria relativităţii

(transformarea noţiunilor de spaţiu şi timp în noţiunea unui continuu cu o structură metrică).

Am încercat mai departe să arăt de ce, în opinia mea, teoria cuantică nu pare a fi capabilă să ofere un fundament util pentru fizică: încercarea de a considera teoria cuantică drept o descriere completă a sistemelor sau proceselor fizice individuale conduce în mod inevitabil la contradicţii.

Pe de altă parte, în momentul de faţă teoria câmpului nu este în stare să ofere o explicaţie a structurii moleculare a materiei şi a fenomenelor cuantice. Convingerea că teoria câmpului n-ar fi capabilă să ofere, cu metodele ei, o soluţie acestor probleme se dovedeşte a fi bazată pe o prejudecată.

NOTE

1. Einstein îşi previne cititorul că reflecţiile fizicianului teoretician asupra cunoaşterii ştiinţifice şi asupra cunoaşterii omeneşti în genere nu sunt făcute pur şi simplu de dragul filosofiei. Dimpotrivă, consideraţiile filosofice de acest fel urmăresc să creeze cadrul necesar pentru o examinare critică a fundamentelor teoretice ale disciplinei. Ele sunt inspirate, aşadar, de o intenţie mai „practică”.

2. Einstein a afirmat nu o dată că natura conceptelor şi raportul lor cu impresiile senzoriale sunt în esenţă

aceleaşi în gândirea ştiinţifică şi în gândirea comună. Orice încercare de clarificare a naturii cunoaşterii ştiinţifice trebuie să pornească, prin urmare, de la exprimarea cunoaşterii comune.

3. Einstein face aici două consideraţii asupra relaţiei dintre noţiuni şi impresiile senzoriale, consideraţii pe care le va relua şi în alte scrieri, în primul rând se afirmă că relaţia dintre noţiuni şi impresiile senzoriale corespunzătoare nu este una *logică*; noţiunile nu sunt derivate din impresiile senzoriale printr-un proces logic oarecare, cum ar fi abstractizarea şi generalizarea, în al doilea rând, se susţine că noţiunile despre obiecte corporale, despre însuşiri, şi relaţii ale acestor obiecte, devine lipsite de semnificaţie de îndată ce nu pot fi puse într-o relaţie de corespondenţă cu anumite impresii senzoriale. Vezi în această privinţă şi *Fundamentele fizicii teoretice*, *Observaţii asupra teoriei cunoaşterii a lui Bertrand Russell* şi *Note autobiografice*.

4. În opoziţie cu realismul gândirii comune, Einstein subliniază că „obiectele corporale” nu ne sunt date ca atare, ci sunt „postulate” de gândire. Nu există probe directe, ci doar indirecte în favoarea existenţei obiectelor corporale independent de experienţa noastră.

Prin postularea obiectelor corporale, ca realităţi obiective, putem să explicăm capacitatea noţiunilor de a coordona şi anticipa în mod sistematic impresiile senzoriale. Este cea mai simplă şi mai naturală explicaţie, dacă nu cumva ne resemnăm să renunţăm la explicaţia funcţiei ordonatoare eminente a noţiunilor comune şi ştiinţifice. Einstein nu formulează clar această idee. El evită să o facă probabil deoarece simte că o asemenea presupunere este, pe de o parte, firească, naturală, iar, pe de altă parte, incontrolabilă şi, în acest sens.

„Metafizică”.

5. În contextul consideraţiilor sumare de mai sus, această sentinţă atât de mult invocată a lui Einstein ne apare ca enigmatică. Sensul ei ni se dezvăluie atunci când Einstein asociază „inteligibilitatea”.

sau „raţionalitatea” universului cu ideea că structurile sale de adâncime sunt simple. Tocmai aceasta explică succesul uimitor al activităţilor ordonatoare pe care le realizează gândirea comună şi apoi

135

ştiinţa prin postularea unor noţiuni şi principii de un nivel tot mai înalt de generalitate. „Găsiţi curios – îi scria Einstein lui Solovine

— Că eu consider posibilitatea de a înţelege lumea ca un miracol sau ca un mister etern. Ei bine, *a priori* ne putem aştepta la o lume haotică ce nu poate fi surprinsă în niciun fel de gândire. Am putea să ne aşteptăm ca lumea să fie supusă legii numai în măsura în care intervenim noi cu inteligenţa noastră ordonatoare... Felul de ordine creat de teoria generală a relativităţii este, dimpotrivă, de cu totul altă natură. Chiar dacă axiomele teoriei sunt formulate de oameni, succesul unei asemenea întreprinderi presupune un înalt grad de ordine a lumii obiective, pe care nu am fi autorizaţi câtuşi de puţin să o aşteptăm în mod *a priori*. Acesta este «miracolul» ce se întăreşte tot mai mult odată cu dezvoltarea cunoştinţelor noastre”. (A. Einstein, *Lettres a M. Solovine*, p. 115)

6. Consideraţiile de mai sus au constituit punctul de plecare pentru elaborarea unei problematici care a devenit consacrată în filosofia analitică a ştiinţei de la mijlocul secolului, îndeosebi datorită lucrărilor lui R. Carnap. Este vorba de problematica raporturilor dintre *conceptele de observaţie* şi *conceptele teoretice*. Logicienii ştiinţei s-au concentrat îndeosebi asupra analizei aşa-numitelor *reguli de corespondenţă ce* stabilesc corelaţii între aceste două tipuri de concepţii. Vezi în această privinţă articolul clasic al lui Carnap, *The Methodological Character of Teoretical Concepts*, m (eds.) H. Feigl, M.

Scriven, *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. 1, 1956.

7. Aceasta este o formulare deosebit de limpede a principiului simplităţii logice, un principiu care este pentru Einstein o exigenţă fundamentală în construcţia

reprezentării conceptuale a unui domeniu al experienţei. Cunoaşterea ştiinţifică se impune în raport cu gândirea comună tocmai fiindcă realizează o unificare incomparabil mai mare a experienţelor disparate. Einstein vede progresul teoriilor în dezvoltarea istorică a cunoaşterii fizice tocmai în satisfacerea într-o măsură tot mai mare a acestei cerinţe.

8. Einstein califică punctul de vedere că structurile fundamentale ale universului sunt simple, că lumea naturală realizează idealul simplităţii matematice, drept o „credinţă”. Este un punct de vedere ce nu poate fi întemeiat în mod constrângător. Einstein afirmă totuşi că succesele de până acum ale ştiinţei matematice a naturii fac ca o asemenea credinţă să ne apară plauzibilă.

9. Pentru alte consideraţii de acest fel vezi şi prima parte a articolului *Geometrie şi experienţă*.

10. O expresie clasică a „erorii” la care se referă Einstein aici este concepţia lui Kant despre caracterul sintetic *a priori* al enunţurilor geometriei euclidiene. Pentru critica acestei concepţii por

136

nind de la un punct de vedere antiintuiţionist, formalist, asupra naturii geometriei matematice, vezi şi *Geometrie şi experienţă*.

11. Pentru dezvoltarea acestei idei, vezi îndeosebi articolul *Ernst*

Mach.

12. Pentru consideraţii asemănătoare, vezi şi *Despre metoda fizicii teoretice*.

13. Mach, spre deosebire de Mill, nu a fost de fapt un inductivist. El credea că introducerea noţiunilor şi principiilor fizicii este guvernată de cerinţa „economiei gândirii”. Esenţiale nu sunt însă aici asemenea nuanţe epistemologice, ci caracterizarea punctului de vedere fundamental al orientării fenomenologice în fizică, o orientare care acordă preferinţe conceptelor şi corelaţiilor ce sunt cât mai apropiate de datele observaţiei şi experimentului. Poziţia lui Einstein, care consideră că

descrierea unei varietăţi cât mai mari de experienţe cu un număr cât mai mic de concepte de bază reprezintă ţelul fundamental al cunoaşterii teoretice, este radical opusă orientării fizicii fenomenologice. Din acest punct de vedere, concepţiile lui Einstein asupra direcţiei de dezvoltare a cunoaşterii fizice au fost, încă de la începuturile activităţii sale ştiinţifice, net deosebite de cele ale lui Mach. Într-adevăr, deja primele sale cercetări s-au integrat acelei orientări antifenomenologice care este bine caracterizată în alineatele ce urmează.

14. Acesta este programul unificării cunoaşterii fizice pe baza ideii de câmp, un program a cărui înfăptuire a constituit ţinta supremă a activităţii ştiinţifice a lui Einstein.

15. Einstein nu se interesează atât de interpretarea filosofică a unei ştiinţe gata făcute, cât de acele vederi filosofice care influenţează într-un fel sau altul orientarea cercetării naturii. Din acest punct de vedere discută el şi ceea ce califică drept „eroarea inductivistă”.

Constituirea unor teorii „speculative”, cum sunt teoria moleculară sau teoria câmpului a lui Maxwell, nu a fost favorizată de prejudecăţile inductiviste dominante în rândul cercetătorilor naturii. Pentru alte consideraţii asupra acestui subiect, vezi îndeosebi Despre *metoda fizicii teoretice*.

16. Teoria relativităţii este descrisă aici ca o *teorie de principii*.

Pentru caracterizarea teoriilor de principii, în opoziţie cu teoriile constructive, vezi *Ce este teoria relativităţii*? şi *Note autobiografice*.

17. Einstein nu pune la îndoială câtuşi de puţin valoarea ştiinţifică a mecanicii cuantice, ca teorie fizică. El apreciază însă că mecanica cuantică reprezintă o descriere incompletă a realităţii fizice şi că nu poate din acest motiv să ofere o bază pentru unificarea cunoaşterii fizice. Pentru argumentarea acestei teze a lui Einstein.

vezi îndeosebi *Mecanica cuantică şi realitatea*, *Note*

autobiografice şi
Observaţii asupra articolelor reunite în acest volum.

18. În opoziţie cu interpretarea şcolii de la Copenhaga, Einstein nu atribuie caracterul statistic al legilor teoriei cuantice în primul rând interacţiunii incontrolabile dintre microobiecte şi instalaţiile experimentale, ci împrejurării că funcţia de undă a lui Schrödinger nu descrie un sistem individual, ci o totalitate de sisteme. Tocmai în acest sens este mecanica cuantică o descriere incompletă a realităţii fizice.

19. Einstein subliniază că ceea ce îl opune interpretării larg acceptate a mecanicii cuantice este concepţia sa generală asupra condiţiilor descrierii teoretice a realităţii fizice, în disputa dintre asemenea concepţii nu se poate decide prin apel la faptele experienţei şi cu atât mai puţin prin demonstraţie. Numai dezvoltarea viitoare a cunoaşterii fizice va putea arăta, până la urmă, cine are dreptate.

20. Pentru indicarea prin analogii a locului pe care îl va ocupa teoria statistică a cuantelor în cadrul unei teorii fizice mai cuprinzătoare, care ar permite descrierea completă a sistemelor cuantice individuale, vezi şi *Mecanica cuantică şi realitatea* şi *Observaţii asupra articolelor reunite în acest volum*.

21. Ultima parte a articolului este consacrată argumentării posibilităţii derivării fenomenelor cuantice din ecuaţiile unei teorii generale a câmpului, un program de cercetare căruia Einstein i-a consacrat toate forţele sale în a doua perioadă a activităţii sale ştiinţifice.

22. Progresul descrierii teoretice se realizează în concepţia lui

Einstein prin creşterea continuă a distanţei dintre principii şi consecinţele ce pot fi confruntate cu datele de observaţie. Pe măsură ce înaintăm spre o descriere teoretică cu o bază logică mai simplă, se adânceşte „prăpastia logică” dintre principii şi datele experienţei. Pentru expunerea reprezentării lui Einstein asupra sensului dezvoltării istorice a fizicii teoretice, vezi *Despre*

metoda fizicii teoretice.

23. Înţelegerea tendinţei istorice de dezvoltare a cunoaşterii fizice are, după părerea autorului, o însemnătate esenţială pentru clarificarea stării actuale a teoriei şi indicarea căilor dezvoltării ei viitoare.

Consideraţiile priiicipiale formulate de Einstein în acest text, ca şi în alte scrieri consacrate acestei teme, sunt aşadar subordonate fundamentării unei anumite orientări strategice a cercetării.

FUNDAMENTELE FIZICII TEORETICE

Ştiinţa este încercarea de a face ca diversitatea haotică a experienţei noastre senzoriale să corespundă unui sistem de gândire uniform din punct de vedere logic, în cadrul acestui sistem experienţele singulare trebuie corelate cu structura teoretică în aşa fel încât coordonarea realizată să fie unică şi convingătoare.

Trăirile senzoriale constituie ceea ce ne este dat. În schimb, teoria menită să le interpreteze este făcută de om.1 Ea este rezultatul unui proces de adaptare extrem de laborios, ipotetic, niciodată deplin încheiat, totdeauna supus întrebărilor şi îndoielii.

Modul ştiinţific de formare a conceptelor diferă de cel folosit în viaţa noastră de toate zilele, dar nu în mod fundamental, ci doar prin definirea mai precisă a conceptelor şi prin determinarea mai precisă a consecinţelor, prin alegerea mai meticuloasă şi mai sistematică a materialului experimental şi printr-o mai mare economie logică.2 Prin aceasta din urmă înţelegem efortul de reducere a tuturor conceptelor şi corelaţiilor la un număr cât mai mic cu putinţă de concepte de bază şi axiome independente din punct de vedere logic.

Ceea ce numim fizică cuprinde acel grup de ştiinţe ale naturii care îşi întemeiază conceptele pe măsurători şi ale căror concepte şi propoziţii se pretează la formulare matematică.

Domeniul ei se defineşte deci ca fiind acea parte din totalul cunoştinţelor noastre care poate fi exprimată în termeni matematici. Odată cu progresul ştiinţei, domeniul

fizicii s-a lărgit într-atât încât pare a fi limitat doar de limitările metodei înseşi.3

139

Cea mai mare parte a cercetării fizice este consacrată dezvoltării diferitelor ramuri ale fizicii, având fiecare ca obiect înţelegerea teoretică a unor câmpuri mai mult sau mai puţin restrânse ale experienţei, legile şi conceptele fiecăreia rămânând cât mai strâns posibil legate de experienţă. Acest sector al ştiinţei, cu specializarea lui crescândă, este cel ce a revoluţionat viaţa practică în secolele din urmă şi a generat posibilitatea ca omul să se elibereze în cele din urmă de povara trudei fizice.

Pe de altă parte, încă de la bun început s-a încercat tot timpul să se găsească pentru toate aceste ştiinţe particulare o bază teoretică unificatoare, constând dintr-un minim de concepte şi relaţii fundamentale, din care să poată fi derivate logic toate conceptele şi relaţiile disciplinelor particulare. Iată ce înţelegem prin căutarea unui fundament pentru întreaga fizică. Credinţa profundă că acest scop ultim poate fi atins constituie principala sursă a devotamentului pasionat ce l-a însufleţit dintotdeauna pe cercetător.4 Observaţiile care urmează sunt consacrate, în acest sens, fundamentelor fizicii.

Din cele spuse reiese clar că *termenul fundamente*, folosit în acest context, nu înseamnă ceva analog în toate privinţele cu fundamentul unei clădiri. Desigur că, din punct de vedere logic, diferitele legi ale fizicii se sprijină pe acest fundament.

Dar, în timp ce o clădire poate fi grav avariată de o furtună puternică sau de o viitură, fundamentul ei rămânând totuşi intact, în ştiinţă totdeauna noile experienţe sau noile cunoştinţe primejduiesc fundamentul logic în mai mare măsură decât în disciplinele particulare, care sunt în contact mai strâns cu datele experimentale, în legătura pe care fundamentul o are cu toate părţile individuale rezidă marea lui însemnătate, dar şi pericolul mai mare la care este expus în faţa oricărui nou fapt.

Odată ce am înţeles acest lucru, mi se pare de mirare că aşa-numitele epoci revoluţionare ale ştiinţei fizicii n-au dus la schimbări mai frecvente şi mai substanţiale în fundamentul ei decât s-a întâmplat în realitate.

Prima încercare de a dura un fundament teoretic uniform a constituit-o opera lui Newton, în sistemul său totul se reduce la următoarele concepte: (1) puncte materiale cu masă invariabilă; (2) acţiune la distanţă între orice pereche de puncte

materiale; (3) lege de mişcare pentru punctele materiale. Strict vorbind, aici nu exista niciun fundament atotcuprinzător, fiindcă o lege explicită a fost formulată numai pentru acţiunile la distanţă ale gravitaţiei, în timp ce pentru alte acţiuni la distanţă nu era stabilit nimic *a priori* în afară de legea egalităţii dintre *adio* şi *reactio*. În plus, Newton însuşi a înţeles cât se poate de bine că timpul şi spaţiul, ca factori efectivi din punct de vedere fizic, interveneau în mod esenţial în sistemul său, chiar dacă numai implicit.

Această bază newtoniană s-a dovedit deosebit de fecundă, şi, până la finele secolului al nouăsprezecelea, a fost considerată definitivă. Ea nu numai că a dat rezultate legate de mişcările corpurilor cereşti până la cele mai mici detalii, dar a oferit şi o teorie a mecanicii maselor discrete şi continue, o explicaţie simplă a principiului conservării energiei şi o teorie completă şi strălucită a căldurii. Explicarea fenomenelor electrodinamice în cadrul sistemului newtonian era mai forţată; iar cel mai puţin convingătoare din toate a fost din capul locului teoria luminii.5

Nimic surprinzător în faptul că Newton nici nu voia să audă de o teorie ondulatorie a luminii; fiindcă o asemenea teorie era în cea mai mare discordanţă cu fundamentul teoretic construit de el. Ipoteza că spaţiul este umplut cu un mediu constând din puncte materiale ce propagă unde luminoase fără a manifesta niciun fel de alte proprietăţi mecanice trebuie să i se fi părut absolut

artificială. Cele mai puternice argumente empirice în sprijinul naturii ondulatorii a luminii

— Vitezele determinate de propagare, interferenţa, difracţia, polarizarea – nu erau cunoscute ori nu erau cunoscute în mod sistematic. Newton avea dreptate să rămână fidel teoriei sale corpusculare a luminii.

În secolul al XIX-lea disputa a fost decisă în favoarea teoriei ondulatorii. Cu toate acestea, în legătură cu fundamentul mecanic al fizicii n-au apărut îndoieli serioase, în primul rând pentru că nimeni nu ştia unde s-ar putea găsi un astfel de fundament. Doar încetul cu încetul, sub presiunea irezistibilă a faptelor, s-a dezvoltat un nou fundament al fizicii, fizica câmpului.

141

Începând încă din vremea lui Newton, teoria acţiunii-la-distanţă a fost în mod constant considerată drept artificială. N-au lipsit eforturile de a explica gravitaţia printr-o teorie cinetică, adică pe baza forţelor de coliziune ale unor ipotetice particule materiale, încercările au fost însă superficiale şi nu au dat roade. Rolul straniu jucat de spaţiu (respectiv sistemul inerţial) în fundamentele mecanicii a fost de asemenea recunoscut în mod evident şi criticat cu deosebită claritate de către Ernst Mach.

Marea schimbare a fost determinată de Faraday, Maxwell şi Hertz – într-un mod aproape inconştient şi fără voia lor. Toţi trei s-au considerat, toată viaţa, adepţi ai teoriei mecanice. Hertz a găsit forma cea mai simplă a ecuaţiilor câmpului electromagnetic şi a declarat că orice teorie care duce la aceste ecuaţii este o teorie maxwelliană. Totuşi, spre sfârşitul scurtei sale vieţi, el a scris o lucrare în care a prezentat drept fundament al fizicii o teorie mecanică din care era eliminat conceptul de forţă.

Nouă, celor care am primit ideile lui Faraday, ca să spunem odată cu laptele matern, ne este greu să ne dăm seama de importanţa şi cutezanţa lor. Faraday trebuie să fi sesizat cu un instinct infailibil caracterul artificial al tuturor încercărilor de a raporta fenomenele

electromagnetice la acţiunile-la-distanţă dintre particule electrice ce acţionează unele asupra celorlalte. Cum se poate ca fiecare firicel de fier din pilitura presărată pe o bucată de hârtie să ştie despre particulele electrice individuale ce trec printr-un conductor din apropiere?

Toate aceste particule electrice laolaltă păreau să creeze în spaţiul înconjurător o stare care la rândul ei producea o anumită ordine în pilitură. Faraday era convins că aceste stări spaţiale, numite astăzi câmpuri, odată ce structura lor geometrică şi interacţiunea lor erau corect determinate, aveau să ofere cheia misterioaselor interacţiuni electromagnetice. El concepea aceste câmpuri ca pe nişte stări de tensiune mecanică într-un mediu ce umple spaţiul, asemeni stărilor de tensiune într-un corp întins elastic. Pe atunci acesta era singurul mod în care puteau fi concepute stări distribuite aparent continuu în spaţiu. Tipul particular de interpretare mecanică a acestor câmpuri rămânea, pentru a spune aşa, în fundal – 142

ca un fel *de* liniştire a conştiinţei ştiinţifice ţinând seamă de tradiţia mecanică din epoca lui Faraday.

Cu ajutorul acestui nou concept de câmp, Faraday a izbutit să formuleze un concept calitativ despre întregul complex de efecte electromagnetice descoperite de el şi de predecesorii săi. Formularea precisă a legilor spaţio-temporale ale acestor câmpuri a fost opera lui Maxwell. Să ne închipuim ce a putut să simtă atunci când ecuaţiile sale diferenţiale i-au arătat că aceste câmpuri electromagnetice se propagau sub formă de unde polarizate şi cu viteza luminii! Nu mulţi sunt muritorii cărora le-a fost hărăzită o asemenea experienţă, în acel moment emoţionant, Maxwell n-ar fi putut în mod cert să-şi închipuie că lumina, a cărei natură părea lămurită complet, avea să preocupe în continuare generaţie după generaţie, în tot acest timp, fizicienii au avut nevoie de câteva decenii pentru a sesiza întreaga semnificaţie a descoperirii lui Maxwell, atât de îndrăzneţ a fost saltul impus de geniul său concepţiilor colegilor săi de breaslă. Abia după ce Hertz a demonstrat experimental existenţa undelor electromagnetice

maxwelliene, a încetat orice rezistenţă faţă de noua teorie.

Dacă însă câmpul electromagnetic putea să existe ca undă independent de sursa materială, interacţiunea electrostatică nu mai putea fi interpretată ca acţiune-la-distanţă. Iar ceea ce era valabil pentru acţiunea electrică nu putea fi negat în gravitaţie. Pretutindeni acţiunile-la-distanţă newtoniene făceau loc câmpurilor ce se propagă cu viteză finită.

Din fundamentul newtonian nu mai rămâneau acum decât punctele de masă materiale supuse legii de mişcare. J. J.

Thompson a arătat însă că un corp încărcat electric aflat în mişcare trebuie, potrivit teoriei lui Maxwell, să posede un câmp magnetic a cărui energie se comportă întocmai ca un adaos la energia sa cinetică. Iar dacă o parte a energiei cinetice constă din energia câmpului, n-ar putea fi valabil lucrul acesta pentru întreaga energie cinetică? Nu cumva inerţia substanţei materiale, proprietate de bază a acesteia, ar putea fi explicată în cadrul teoriei câmpului? Această întrebare a dus la problema interpretării substanţei materiale în termeni de teorie a câmpului, problemă a cărei rezolvare ar fi oferit şi o

explicaţie a structurii atomice a materiei. Fizicienii şi-au dat curând seama că teoria lui Maxwell nu putea îndeplini un asemenea program. De atunci mulţi oameni de ştiinţă au depus mari strădanii pentru a completa teoria câmpului printr-o generalizare menită să cuprindă o teorie a substanţei materiale;

deocamdată însă eforturile în acest sens nu au fost încununate de succes. Pentru a construi o teorie, nu e de-ajuns să ai o concepţie clară asupra scopului. Trebuie să mai ai şi un punct de vedere formal care să restrângă suficient de mult varietatea nelimitată a posibilităţilor. Până în prezent acesta nu a fost găsit, astfel încât teoria câmpului nu a izbutit să ofere un fundament pentru întreaga fizică.

Timp de câteva decenii, majoritatea fizicienilor au fost convinşi că se va găsi o substructură mecanică pentru teoria lui

Maxwell. Rezultatele nesatisfăcătoare ale eforturilor lor au dus însă la acceptarea treptată a noilor concepte de câmp ca fundamente ireductibile – cu alte cuvinte, fizicienii s-au resemnat să abandoneze ideea unei fundamentări mecanice.

Astfel, fizicienii au aderat la programul teoriei câmpului.

Acesta nu putea însă fi numit un fundament, fiindcă nimeni nu putea să spună dacă o teorie a câmpului consistentă va putea să explice vreodată pe de o parte gravitaţia, iar pe de altă parte componentele elementare ale materiei. În această situaţie era necesar ca particulele materiale să fie gândite ca puncte materiale supuse legilor de mişcare newtoniene. Acesta a fost procedeul prin care Lorentz a creat teoria despre electron şi teoria fenomenelor electromagnetice ale corpurilor în mişcare.

Iată punctul în care ajunseseră concepţiile fundamentale în pragul secolului nostru. Fusese înregistrat un progres imens în pătrunderea şi înţelegerea teoretică a unor grupuri întregi de fenomene noi; dar stabilirea unui fundament unificat pentru fizică părea un obiectiv îndepărtat. Evoluţia ulterioară a agravat şi mai mult această stare de lucruri. Dezvoltarea înregistrată în acest secol se caracterizează prin elaborarea a două sisteme de gândire independente în esenţă unul de altul, teoria relativităţii şi mecanica cuantică. Cele două sisteme nu se contrazic în mod direct între ele; ele par însă puţin adaptate pentru a fuziona într-o teorie unificată. Acum

va trebui să discutăm pe scurt ideea de bază a acestor două sisteme.

Teoria relativităţii a luat naştere din eforturile de a îmbunătăţi, sub aspectul economiei logice, fundamentele fizicii aşa cum se prezentau la începutul secolului. Aşa-numita teorie specială sau restrânsă a relativităţii se

bazează pe faptul că ecuaţiile lui Maxwell (şi deci legea de propagare a luminii în vid) se convertesc în ecuaţii de aceeaşi formă atunci când suferă transformări Lorentz. Acestei proprietăţi formale a ecuaţiilor lui Maxwell i se adaugă cunoaşterea noastră empirică destul de sigură, potrivit căreia legile fizicii sunt aceleaşi în raport cu toate sistemele inerţiale. Toate acestea au drept rezultat faptul că transformările Lorentz – aplicate coordonatelor spaţiale şi temporale – trebuie să guverneze tranziţia de la un sistem inerţial la oricare altul. Conţinutul teoriei restrânse a relativităţii poate fi rezumat deci printr-o propoziţie: toate legile naturii trebuie să fie astfel formulate încât să fie covariante în raport cu transformările Lorentz. *De* aici urmează că simultaneitatea a doua evenimente distincte nu este un concept invariant şi că dimensiunile corpurilor rigide şi vitezele ceasornicelor depind de starea lor de mişcare. O altă consecinţă a fost modificarea legii de mişcare newtoniene în cazurile în care viteza corpului dat nu este mică în comparaţie cu viteza luminii. Decurgea de asemenea principiul echivalenţei masei şi energiei, legile de conservare a masei şi energiei devenind una şi aceeaşi lege. Odată ce s-a arătat că simultaneitatea este relativă şi depinde de sistemul de referinţă, a dispărut orice posibilitate de a menţine acţiunile la distanţă în fundamentul fizicii, dat fiind că acest concept presupunea caracterul absolut al simultaneităţii (trebuie să fie posibil să se precizeze localizarea a doua puncte materiale în interacţiune „în acelaşi moment”).

Teoria generală a relativităţii îşi are originea în încercarea de a explica un fapt ce era cunoscut de pe vremea lui Galilei şi Newton, dar care s-a sustras oricărei interpretări teoretice: inerţia şi greutatea unui corp, care sunt în ele însele două lucruri total distincte, se măsoară cu una şi aceeaşi constantă – masa. Din această corespondentă decurge că, pe cale experimentală, este imposibil să se descopere dacă un sistem

mi Mi>iM

jMi, de coordonate dat este accelerat sau dacă mişcarea sa este rectilinie şi uniformă, faptele observate datorându-se unui câmp gravitaţional (acesta este principiul echivalentei din teoria generală a relativităţii). Prin acest fapt, conceptul de sistem inerţial este zdruncinat de îndată ce intervine gravitaţia.

Aici putem face observaţia că sistemul inerţial constituie un punct slab al mecanicii galileo-newtoniene. Căci se presupune astfel o proprietate misterioasă a spaţiului fizic, ce condiţionează tipul de sisteme de coordonate pentru care rămân valabile legea inerţiei şi legea de mişcare newtoniană.

Aceste dificultăţi pot fi evitate prin următorul postulat:

legile naturii trebuie formulate în aşa fel încât forma lor să fie identică pentru sisteme de coordonate în orice fel de stare de mişcare. Realizarea acestui obiectiv este sarcina teoriei generale a relativităţii. Pe de altă parte, din teoria restrânsă deducem existenţa unei metrici nemanniene în cadrul continuului spaţio-temporal, care, conform principiului echivalenţei, descrie atât câmpul gravitaţional, cât şi proprietăţile metrice ale spaţiului. Admiţând că ecuaţiile câmpului pentru gravitaţie sunt diferenţiale de ordinul al doilea, legea câmpului este clar determinată.

Dincolo de acest rezultat, teoria eliberează fizica câmpului de un neajuns de care suferea deopotrivă cu mecanica newtoniană – neajunsul de a atribui spaţiului acele proprietăţi fizice independente care fuseseră până atunci disimulate prin folosirea unui sistem inerţial. Nu se poate pretinde însă că acele părţi ale teoriei generale a relativităţii care pot fi considerate astăzi ca definitive au oferit fizicii un fundament complet şi satisfăcător, în primul rând, în ea câmpul total apare ca fiind compus din două părţi neconectate logic – câmpul gravitaţional şi câmpul electromagnetic.

Iar în al doilea rând, această teorie, la fel ca şi teoriile anterioare ale câmpului, n-a furnizat deocamdată o

explicaţie a structurii atomice a materiei. Acest insucces are probabil o legătură cu faptul că până acum teoria nu a contribuit cu nimic la înţelegerea fenomenelor cuantice. Pentru *a* înţelege aceste fenomene, fizicienii au fost nevoiţi să adopte metode cu totul noi, ale căror caracteristici de bază le vom discuta acum.

146

În anul 1900, în cursul unei investigaţii pur teoretice, Max

Planck a făcut o descoperire cu adevărat remarcabilă; legea radiaţiei corpurilor în funcţie de temperatură nu putea fi derivată exclusiv din legile electrodinamicii maxwelliene. Pentru a ajunge la rezultate consistente pe baza unor experimente relevante, radiaţia de o frecvenţă dată trebuia tratată ca şi cum ar consta din atomi de energie cu energia individuală *hv*, unde *h* este constanta universală a lui Planck. În anii care au urmat s-a arătat că pretutindeni lumina este produsă şi absorbită în astfel de cuante de energie. Mai cu seamă, Niels Bohr a putut să înţeleagă în linii mari structura atomului, pornind de la ipoteza că atomii pot avea numai valori energetice discrete şi că tranziţiile discontinue dintre ele sunt legate de emisia sau absorbţia unei asemenea cuante de energie. Aceasta arunca o anumită lumină asupra faptului că în stările lor gazoase elementele şi compuşii lor radiază şi absorb numai lumină cu frecvenţe precis determinate. Toate acestea nu-şi găseau nicio explicaţie în cadrul teoriilor existente atunci. Era clar că, cel puţin în domeniul fenomenelor atomice, caracterul a tot ce se întâmplă este determinat de stări discrete şi de tranziţiile aparent discontinue dintre ele, constanta lui Planck, *h*, jucând pretutindeni un rol decisiv.

Pasul următor l-a făcut de Broglie. El şi-a pus întrebarea cum ar putea fi înţelese stările discrete cu ajutorul conceptelor curente şi i-a venit ideea unei paralele cu undele staţionare, ca de exemplu în cazul frecvenţelor proprii ale tuburilor de orgă şi ale coardelor în acustică. Ce-i drept, acţiuni ondulatorii de felul celor cerute aici nu

erau cunoscute; dar puteau fi construite, şi legile lor matematice puteau fi formulate, folosind constanta lui Planck, *h*. De Broglie a conceput un electron ce se roteşte în jurul nucleului atomic ca fiind legat de un asemenea câmp de unde ipotetic şi a făcut inteligibil până la un punct caracterul discret al orbitelor „permise" ale lui Bohr prin caracterul staţionar al undelor corespunzătoare.

În mecanică, mişcarea punctelor materiale este determinată de forţe sau câmpuri de forţă ce acţionează asupra lor. Era deci de aşteptat ca aceste câmpuri de forţă să influenţeze într-un mod analog şi câmpurile de unde ale lui de Broglie.

147

Erwin Schrödinger a arătat cum trebuia luată în considerare această influenţă, reinterpretând printr-o metodă ingenioasă anumite formulări ale mecanicii clasice. El a reuşit chiar să lărgească într-atât teoria mecanicii ondulatorii astfel încât, fără introducerea vreunei ipoteze adiţionale, ea a devenit aplicabilă oricărui sistem mecanic constând dintr-un număr arbitrar de puncte materiale, adică având un număr arbitrar de grade de libertate. Lucrul acesta a fost posibil, dat fiind că un sistem mecanic constând din *n* puncte materiale este într-o măsură considerabilă echivalent din punct de vedere matematic cu un singur punct material ce se mişcă într-un spaţiu cu *3 n* dimensiuni.

Pe baza acestei teorii s-a obţinut o reprezentare surprinzător de bună a unei imense varietăţi de fapte care altminteri apăreau cu totul de neînţeles, în mod curios totuşi, într-un punct se înregistra un eşec: s-a dovedit imposibil să se coreleze cu aceste unde Schrödinger mişcări definite ale punctelor materiale – or, tocmai acesta fusese scopul iniţial al întregii construcţii.

Dificultatea părea insurmontabilă, până când a fost depăşită de Bohr într-un mod pe cât de simplu pe atât de neaşteptat. Câmpurile de unde de Broglie-Schrodinger urmau a fi interpretate nu ca o descriere matematică a felului în care un eveniment se produce efectiv în timp şi

spaţiu – cu toate că, firește, ele se referă la un asemenea eveniment –, ci mai degrabă ca descriere matematică a ceea ce putem cunoaşte efectiv despre sistem. Ele servesc doar pentru formularea de enunţuri şi predicţii statistice ale rezultatelor tuturor măsurătorilor pe care le putem efectua asupra sistemului.

Aş vrea să ilustrez aceste trăsături generale ale mecanicii cuantice printr-un exemplu simplu: să considerăm un punct material ţinut înăuntrul unei regiuni restrânse G prin forţe de mărime finită. Dacă energia cinetică a punctului material se situează sub o anumită limită, atunci, conform mecanicii clasice, el nu poate părăsi niciodată regiunea G. în schimb, conform mecanicii cuantice, punctul material, după o perioadă ce nu este imediat predictibilă, poate părăsi regiunea G, într-o direcţie imposibil de prevăzut, evadând în spaţiul în

conjurător. După Gamow, cazul acesta este un model simplificat al dezintegrării radioactive.

Mecanica cuantică tratează acest caz în felul următor: în momentul *t0* avem un sistem de unde Schrödinger aflat în întregime înăuntrul lui G. După momentul *t0* însă, undele părăsesc interiorul lui G îndreptându-se în toate direcţiile, în aşa fel încât amplitudinea undei care iese este mică în comparaţie cu amplitudinea iniţială a sistemului de unde din interiorul lui G. Cu cât aceste unde se propagă mai departe, cu atât scade amplitudinea undelor înăuntrul lui G şi în mod corespunzător scade intensitatea undelor ulterioare care ies din G.

Numai după trecerea unui timp infinit rezerva de unde din

G va fi epuizată, iar unda exterioară se va fi propagat într-un spaţiu din ce în ce mai mare.

Dar ce are a face acest proces ondulatoriu cu primul obiect al interesului nostru, particula cuprinsă iniţial în G? Pentru a răspunde la această întrebare trebuie să ne imaginăm un aranjament care să ne permită efectuarea de

măsurători asupra particulei. De pildă, să ne imaginăm undeva în spaţiul înconjurător un ecran în aşa fel făcut încât particula să rămână fixată de el atunci când vine în contact cu el. Atunci, din intensitatea undelor care lovesc ecranul într-un anumit punct, tragem concluzii cu privire la probabilitatea ca particula să lovească ecranul în cutare loc şi moment. De îndată ce particula a lovit un punct determinat al ecranului, întreg câmpul de unde îşi pierde cu totul semnificaţia fizică; singura lui menire a fost să permită predicţii probabilistice cu privire la locul şi timpul în care particula va lovi ecranul (sau, de exemplu, impulsul ei în momentul când loveşte ecranul).

Toate celelalte cazuri sunt analoge. Scopul teoriei este să determine probabilitatea rezultatelor măsurătorii efectuate asupra sistemului la un moment dat. Pe de altă parte, ea nu încearcă să dea o reprezentare matematică a ceea ce există sau a ceea ce se petrece efectiv în spaţiu şi timp. În această privinţă actuala teorie cuantică diferă fundamental de toate teoriile anterioare ale fizicii, atât cele mecanice, cât şi cele ale câmpului, în locul unei descrieri prin modele a evenimentelor spaţio-temporale efective, ea dă desfăşurarea în timp a distribuţiilor probabiliste pentru măsurători posibile.

149

Trebuie admis că noua concepţie teoretică îşi datorează originea nu vreunui joc al fanteziei, ci forţei constrângătoare a faptelor de experienţă. Până în prezent toate încercările de a reprezenta direct trăsăturile corpusculare şi ondulatorii manifestate în fenomenele luminii şi ale substanţei materiale printr-un model spaţio-temporal au eşuat. După cum a arătat în mod convingător Heisenberg, din punct de vedere empiric orice decizie privind o structură riguros determinată a naturii este categoric exclusă, din cauza structurii atomice a aparatului nostru experimental. De aceea, probabil, nici vorbă nu poate fi ca vreo cunoştinţă dobândită în viitor să oblige din nou fizica să abandoneze actualul fundament teoretic statistic în favoarea unuia determinist legat direct de

realitatea fizică. Considerând lucrurile din punct de vedere logic, problema pare a oferi două posibilităţi între care putem în principiu să alegem, în ultimă instanţă, alegerea va fi făcută în funcţie de tipul de descriere care facilitează, logic vorbind, formularea celui mai simplu fundament, în prezent nu dispunem de nicio teorie determinată care ar descrie direct evenimentele înseşi şi ar fi în concordanţă cu faptele.

Deocamdată trebuie să recunoaştem că, în cazul fizicii, nu posedăm nicio bază teoretică generală care să poată fi privită drept fundamentul ei logic. Teoria câmpului a eşuat până acum în sfera moleculară. Pe de altă parte, şi teoria cuantică stă în faţa unor greutăţi ce par să aibă rădăcini adânci. Toată lumea este de acord că doar o asemenea formulare a teoriei cuantice ar putea să fie pusă ca fundament, care ar constitui o traducere a teoriei câmpului în schema statisticii cuantice.

Nimeni nu poate să prevadă dacă lucrul acesta va putea fi realizat într-un mod satisfăcător.

Unii fizicieni, între care mă număr şi eu, nu pot să creadă că trebuie să abandonăm, efectiv şi pentru totdeauna, ideea reprezentării directe a realităţii fizice în spaţiu şi timp;

sau că trebuie să acceptăm punctul de vedere după care evenimentele din natură sunt analoge unui joc de noroc. Orice om e liber să aleagă în ce sens să-şi orienteze străduinţele;

de asemenea, orice om se poate mângâia cu vorba lui Lessing că mai de preţ este căutarea adevărului decât stăpânirea lui.6

NOTE

1. Einstein pare să aibă în vedere că trăirile senzoriale reprezintă „obiectul ce ne este dat” în sensul că ele sunt determinate de natura stimulilor, de structura sistemului nostru nervos şi de o anumită programare a sistemului nervos care este rezultatul învăţării individuale. Experienţele senzoriale se constituie aşadar prin procese

mai mult sau mai puţin automate, inconştiente. Dimpotrivă, teoriile ştiinţifice sunt produsul activităţii conştiente a cercetătorilor. Se lasă să se înţeleagă că cercetători ale căror experienţe senzoriale nu diferă în mod esenţial pot să le „interpreteze" foarte diferit, dacă le raportează la teorii incompatibile.

2. Einstein se delimitează aici, ca şi în alte texte, de punctul de vedere curent, potrivit căruia noţiunile cunoaşterii comune se constituie pornind de la informaţii despre obiecte, însuşiri şi relaţii particulare, prin abstractizare şi generalizare, adică comparând aceste informaţii, lăsând la o parte ceea ce este specific, diferit, şi reţinând ceea ce este comun. El subliniază cu insistenţă că toate noţiunile, atât noţiunile gândirii comune, cât şi cele ale ştiinţei, sunt creaţii ale gândirii omeneşti, produse ale unei activităţi imaginative şi constructive şi nu rezultate ale unor demersuri logice. Acest punct de vedere reprezintă unul din elementele cele mai originale ale concepţiei lui Einstein despre cunoaştere, care o detaşează atât de concepţia inductivistă curentă, cât şi de realismul simţului comun, într-o scrisoare din 15 iunie 1950, Einstein observă că el subliniază distincţia dintre „trăiri senzoriale" şi „noţiuni" care i se pare banală, „pentru a arăta că alegerea liberă a elementelor constructive inteligibile postulate în mod liber şi imposibil de dedus în mod empiric nu începe în ştiinţa propriu-zisă, ci aparţine vieţii intelectuale de toate zilele". (A. Einstein, M. Besso, op. cit., p. 263)

Într-o altă scrisoare din 20 martie 1952 către acelaşi Besso, Einstein încearcă să explice consideraţiile sale sumare pe această temă din

Notele autobiografice, propunând un exemplu: noţiunea de număr, ca noţiune a gândirii comune, nu este abstrasă din experienţă, cum crede, de exemplu, J.S. Mill, ci reprezintă o creaţie a minţii omeneşti care a fost selecţionată şi păstrată datorită capacităţii sale de a coordona experienţele noastre. Einstein conchide: „drumul ce duce de la particular la general este unul intuitiv, cel ce

duce de la general la particular este unul logic”, (op. cit., p. 274) Pentru consideraţii asemănătoare vezi şi *Observaţii asupra teoriei cunoaşterii la*

Bertrand Russell, precum şi nota (2) la acest text.

151

3. Este îndoielnic că o asemenea caracterizare a domeniului cunoaşterii fizice ar mai putea fi acceptată în zilele noastre. Unele determinări ale fenomenelor biologice şi sociale au putut fi măsurate.

Au fost de asemenea elaborate teorii şi modele matematice utile ale unor procese biologice şi sociale. Asemenea rezultate nu aparţin totuşi fizicii, ci ştiinţelor biologice sau sociale. Domeniul ştiinţei fizice nu poate fi delimitat exclusiv prin metodă, prin caracteristici generale ale demersurilor cercetării, cum afirmă aici Einstein.

4. Vorbind în general de *cercetător*, Einstein nu are, desigur, în vedere aici pe toţi oamenii care şi-au consacrat talentul şi forţele studiului naturii. El se gândeşte în primul rând la acei cercetători a căror activitate crede că a ilustrat cel mai bine acest ideal de cunoaştere, cei pe care i-a admirat în mod deosebit, personalităţi creatoare ca

Newton, Faraday, Maxwell sau Lorentz. Einstein se simţea străin de acei fizicieni reprezentativi din generaţia sa care nu vedeau în unificarea cercetării fizice ţelul fundamental al activităţii lor teoretice. El s-a explicat de nenumărate ori în această privinţă, îndeosebi atunci când s-a referit, cum va face doar aluziv în partea finală a acestui text, la ceea ce îl desparte de susţinătorii „interpretării ortodoxe” a mecanicii cuantice.

5. Pentru consideraţii asemănătoare, cu remarcabile deosebiri în nuanţe, vezi şi *Notele autobiografice*, mai ales pasajul consacrat caracterizării generale a situaţiei din fizică la sfârşitul secolului al

XIX-lea, când autorul şi-a încheiat studiile şi a făcut primii paşi spre o activitate de cercetare independentă.

6. Einstein admite că faptele cunoscute atunci în fizica atomică sunt compatibile cu două interpretări care decurg din reprezentări diferite asupra obiectivelor

cercetării teoretice. Potrivit primei interpretări, descrierea teoretică, în măsura în care nu urmăreşte decât prevederea şi explicarea rezultatelor experimentelor, va fi una ireductibil statistică. A doua interpretare porneşte, dimpotrivă, de la premisa că teoria fizică trebuie să ofere o descriere a realităţii în spaţiu şi timp şi conduce la concluzia că legile mecanicii cuantice vor trebui deduse drept consecinţe din ecuaţiile unei teorii generale a câmpului, în opoziţie cu marea majoritate a fizicienilor contemporani, Einstein a susţinut cu consecvenţă cea de-a doua interpretare apreciind că dezvoltarea viitoare a cunoaşterii fizice va fi în măsură să determine dacă această opţiune s-a dovedit sau nu fertilă. Einstein lasă clar să se înţeleagă că orientarea strategică a cercetării fizice depinde în mod hotărâtor de idealul de cunoaştere pe care îl adoptă teoreticienii.

În cele ce urmează voi explica pe scurt şi într-un mod elementar de ce eu nu consider metoda mecanicii cuantice ca fiind, în principiu, satisfăcătoare. Voi observa însă de la început că nu neg în niciun caz faptul că această teorie reprezintă un progres semnificativ, iar într-un anumit sens chiar definitiv, al cunoaşterii fizice, îmi închipui că această teorie va fi inclusă într-o teorie ulterioară, la fel cum optica razelor de lumină a fost inclusă în optica ondulatorie; relaţiile vor rămâne, baza lor va fi însă adâncită, respectiv înlocuită cu alta mai cuprinzătoare.

I

Îmi imaginez o particulă în mişcare liberă într-un anumit moment al timpului ca fiind descrisă (complet, în sensul mecanicii cuantice) printr-o funcţie y spaţial limitată. Conform unei asemenea reprezentări, particula nu are niciun impuls bine determinat, nicio poziţie bine determinată.

În ce sens trebuie să consider că această descriere reprezintă o situaţie individuală reală? îmi apar ca posibile

două concepţii ce se impun imediat, pe care aş dori să le examinez în relaţia lor reciprocă:

a) Particula (liberă) are în realitate o poziţie determinată şi un impuls determinat, chiar dacă acestea nu pot fi constatate sumultan prin măsurare în acelaşi caz individual.

Funcţia y oferă după această concepţie o descriere *incompletă* a unei stări de lucruri reale.

153

Această concepţie râu este cea acceptată de fizicieni. Acceptarea ei ar conduce la tendinţa de a căuta în fizică, pe lângă descrierea incompletă, şi o descriere completă a stărilor de lucruri, respectiv de a căuta legile unei asemenea descrieri. Cu aceasta însă s-ar sparge cadrul teoretic al mecanicii cuantice.

b) Particula nu are în realitate niciun impuls determinat şi nicio poziţie determinată; descrierea prin funcţia \/ este o descriere principial completă. Poziţia precisă a particulei pe care o obţinem printr-o măsurare de poziţie nu poate fi interpretată ca fiind poziţia particulei *înainte* de măsurare. Localizarea precisă, care apare în cazul măsurării, se va produce numai prin intervenţia (esenţială) a măsurării. Rezultatul măsurării nu depinde doar de situaţia reală a particulei, ci şi de natura principial incomplet cunoscută a mecanismului măsurării, în mod analog se petrec lucrurile când se măsoară impulsul sau o observabilă corespunzătoare a particulei.

Această interpretare este cea favorizată actualmente de fizicieni şi trebuie să recunoaştem că numai ea este aptă să dea seama în cadrul mecanicii cuantice de situaţia empirică exprimată de principiul lui Heisenberg.

Conform acestei concepţii, două funcţii *i* deosebite (nu doar trivial) descriu întotdeauna două situaţii reale diferite (de exemplu, particule cu poziţii precise, respectiv cu impulsuri precise).

Cele afirmate mai sus sunt valabile *mutatis mutandis* şi pentru descrierea sistemelor constituite din mai multe puncte materiale. Şi aici trebuie să admitem (în sensul

interpretării Ib)

că funcţia \/ descrie complet o stare de lucruri reală, şi că două funcţii *y* (esenţial) deosebite descriu două stări de lucruri diferite; chiar dacă ele pot duce, atunci când se realizează o măsurare completă, la rezultate ce coincid, coincidenţa rezultatelor de măsură va fi atribuită influenţei parţial necunoscute a aranjamentului experimental de măsurare.

II

Dacă ne vom întreba ce este caracteristic, independent de teoria cuantică, pentru lumea ideilor a fizicii, atunci ne

apar imediat următoarele: conceptele fizicii se raportează la o lume exterioară reală, cu alte cuvinte sunt idei asupra unor lucruri (corpuri, câmpuri etc.) ce pretind o „existenţă reală".

Independentă de subiectul perceptiv, idei care, pe de altă parte, sunt aduse în cea mai sigură relaţie cu impresiile senzoriale. Caracteristic pentru aceste obiecte fizice este apoi faptul că ele sunt gândite ca situate într-un continuu spaţio-temporal. Esenţial pentru această situare spaţio-temporală a obiectelor introduse în fizică este faptul că, la un moment dat al timpului, aceste obiecte pretind o existenţă independentă, în măsura în care aceste obiecte „se află în părţi diferite ale spaţiului". Fără acceptarea unei asemenea independenţe a existenţei (a „Fiinţei-determinate", „*So-Sein*") *a* obiectelor distanţate spaţial unul de altul, care provine la început din gândirea comună, n-ar fi posibilă gândirea fizică în sensul obişnuit. Fără o asemenea despărţire netă nu vedem cum s-ar putea formula şi verifica legi fizice. Teoria câmpului a realizat acest principiu în mod exemplar, prin aceea că ea a localizat în elemente-de-spaţiu infinite (cvadridimensionale) obiecte elementare existente reciproc independent, care sunt puse ca fundament, ca şi legile elementare postulate pentru ele.

Pentru independenţa relativă a obiectelor spaţial

distanţate (*A* şi B) este caracteristică ideea: influenţarea exterioară a lui

A nu are niciun efect *nemijlocit* asupra lui B; această idee este cunoscută ca „Principiul acţiunii din aproape în aproape" (*Prinzip der Nahewirkung*), care nu este aplicat în mod consecvent decât în teoria câmpului. Abandonarea completă a acestui principiu (*Grundsatz*) ar face imposibilă ideea existenţei sistemelor (cvasi) închise şi, prin aceasta, stabilirea legilor empiric verificabile, luate în sensul obişinuit.

III

Afirm că mecanica cuantică, în interpretarea ei în acord cu Ib, nu este compatibilă cu principiul II.

Vom considera un sistem fizic S12, compus din două subsisteme, şi şi *S*2 – Aceste două subsisteme s-au aflat într-un moment anterior al timpului în interacţiune fizică. Le vom

155

considera însă într-un anumit moment *t* în care această interacţiune a dispărut. Sistemul total va fi descris complet, în sensul mecanicii cuantice, printr-o funcţie \/, \/12 de coordonate

<*HV*... respectiv *ci2*... ale celor două subsisteme (x/12 nu va putea fi reprezentată ca un produs de forma v... OVzfe)

ci doar ca o sumă a unor asemenea produse). Să considerăm că la momentul *t* cele două subsisteme sunt spaţial reciproc separate, astfel încât \/12 este diferită de zero numai dacă *qlr*... aparţin unui domeniu spaţial limitat Kj şi *q2*, aparţin de asemenea unui domeniu spaţial R2, separat de Rr

Funcţiile \/ ale subsistemelor particulare *Şi* şi S2 sunt atunci mai întâi necunoscute, respectiv ele nu există în genere. Metodele mecanicii cuantice permit însă să determinăm funcţia y2 a sistemului S2 pornind de la funcţia v/: 2 dacă, în plus, se efectuează o măsurare completă, în sensul mecanicii cuantice, asupra sistemului St. Se obţine, astfel, în locul funcţiei \j/12 originale a lui

S12, funcţia y, y2, a subsistemului S2.

În această determinare este însă esenţial ce gen de măsurare completă, în sensul mecanicii cuantice, se întreprinde asupra lui *Str* adică ce gen de observabilă măsurăm. Dacă, de exemplu, şi este o particulă individuală, atunci putem alege să măsurăm *fie* poziţia *sa*, *fie* componentele impulsului, în funcţie de alegerea făcută vom obţine pentru S2 o reprezentare diferită pentru \/2, şi anume pentru fiecare alegere a măsurării asupra lui *Şi* rezultă predicţii (statistice) diferite asupra măsurărilor ulterioare întreprinse asupra lui S2. Din punctul de vedere al interpretării Ib aceasta înseamnă că, în funcţie de alegerea măsurării directe asupra lui *Str* se produce o situaţie reală diferită cu privire la S2, care va fi descrisă prin funcţii v diferite, v/2, \/'2, \/2 etc.

Din punctul de vedere al mecanicii cuantice, *considerată în sine*, aceasta nu reprezintă nicio dificultate. Pentru fiecare alegere diferită a măsurării asupra lui *Slt* se va crea o situaţie reală şi nu apare necesară punerea în corespondenţă simultană a aceluiaşi sistem S2 cu mai multe funcţii \/ diferite, *i2*, x/2

Cu totul alta este însă situaţia dacă, în acelaşi timp cu principiile mecanicii cuantice, vom încerca să menţinem şi Principiul H cu privire la existenţa independentă a stărilor prezente în două părţi separate ale spaţiului, Rj şi *R2*. În exemplul

nostru, o măsurare completă asupra lui *Sr* va însemna o intervenţie fizică ce nu afectează decât partea spaţiului Ra. O

asemenea intervenţie nu poate influenţa însă nemijlocit realitatea fizică (*das Physikalisch-Reale*) din partea spaţială *R2*, independentă de ea. De aici ar decurge că acel enunţ referitor la *S2* la care putem ajunge pe baza unei măsurări complete asupra lui Să trebuie să fie valabil pentru S2 şi atunci când nu se face nicio măsurare asupra lui Sr Aceasta ar însemna că pentru S2 ar trebui să fie valabile toate enunţurile ce ar putea fi derivate prin

stabilirea lui \/2 sau \]/2 etc. Acest fapt este însă evident imposibil, dacă \/2, \/2 etc. vor trebui să se refere la stări reale diferite, cu alte cuvinte intrăm în contradicţie cu interpretarea Ib a funcţiei \/.

Nu mi se pare că ar exista vreo îndoială asupra faptului că fizicienii care consideră modul de descriere al mecanicii cuantice în principiu definitiv vor reacţiona la aceste consideraţii astfel: ei vor abandona Exigenţa II asupra existentei independente a realităţii fizice prezente în părţi ale spaţiului diferite; ei se vor putea întemeia în aceasta, pe bună dreptate, pe faptul că mecanica cuantică nu foloseşte nicăieri în mod explicit această exigenţă.

Admit lucrul acesta, nu însă fără a observa: dacă vom considera fenomenele fizice cunoscute, chiar şi pe acelea pe care le-a explicat atât de bine mecanica cuantică, atunci nu vom găsi nicăieri un fapt în urma căruia să-mi apară ca probabilă abandonarea Exigenţei II. De aceea sunt înclinat să cred că descrierea mecanicii cuantice trebuie considerată, în sensul lui Ia, ca o descriere incompletă şi indirectă a realităţii, care va fi înlocuită mai târziu printr-una completă şi directă.

În orice caz, după opinia mea va trebui să ne ferim ca în căutarea unei baze unitare pentru întreaga fizică să ne cramponăm dogmatic de schema teoriei actuale.

Rezumat

Dacă funcţia *y* în mecanica cuantică se concepe ca o descriere (în principiu) *completă* a unei stări reale, atunci este

157

Implicată ipoteza unei acţiuni la distanţă greu de admis. Dacă se concepe însă funcţia x/ ca o descriere *incompletă* a unei stări reale, atunci este greu de crezut că pentru o descriere incompletă sunt valabile legi stricte asupra dependenţei temporale. (A.E.)

NOTE AUTOBIOGRAFICE

Iată-mă stând aici şi scriind, la şaizeci şi şapte de ani, ceva care seamănă cu propriul meu necrolog. Fac aceasta nu numai deoarece doctorul Schilpp m-a convins să o fac,

ci şi fiindcă cred şi eu însumi că este bine să arăţi celor ce se străduiesc alături de tine cum îţi apare, în retrospectivă, propria străduinţă şi căutare. După o anumită chibzuinţă, mi-am dat seama cât de imperfect trebuie să fie rezultatul unei asemenea încercări. Căci oricât ar fi de scurtă şi de limitată o viaţă de muncă şi oricât de mult ar precumpăni în ea greşelile, nu este deloc uşor să înfăţişezi ceea ce este vrednic de a fi împărtăşit; omul de astăzi, la şaizeci şi şapte de ani, nu este acelaşi cu cel de la cincizeci, treizeci sau douăzeci de ani. Fiecare amintire este colorată de ceea ce suntem astăzi, aşadar de o perspectivă înşelătoare.1 O asemenea apreciere ar putea fi descurajantă.

Şi totuşi cred că din experienţa proprie putem să ne alegem cu ceva ce nu este accesibil unei alte conştiinţe.

Pe când eram încă un tânăr destul de precoce am trăit intens sentimentul zădărniciei speranţelor şi străduinţelor care îi gonesc în viaţă, fără *răgaz*, pe cei mai mulţi dintre oameni.

Am înţeles curând şi cruzimea acestei goane care, în acei ani, era acoperită cu mai multă grijă ca acum de ipocrizie şi vorbe mari. Fiecare era condamnat, prin simpla existenţă a burţii sale, să ia parte la această goană. Burta putea fi astfel pe deplin satisfăcută, dar nu şi omul, ca fiinţă care gândeşte şi simte. O primă cale de a scăpa din această situaţie o oferea religia, care îi era implantată fiecărui copil de maşinăria educaţiei tradiţionale. Aşa am ajuns şi eu la o religiozitate profundă

— Deşi eram copilul unor părinţi complet nereligioşi (evrei)

159

— Care a cunoscut însă un sfârşit subit încă la vârsta de doisprezece ani. Lectura cărţilor de popularizare a ştiinţei m-a condus curând la convingerea că multe din cele ce se povestesc în Biblie nu pot fi adevărate. Urmarea a fost o veritabilă euforie a liberei cugetări, împinsă până la fanatism, unită cu impresia că tineretul este minţit cu bună ştiinţă de către stat; era o impresie zdrobitoare. Neîncrederea faţă de orice fel de autoritate, care a crescut

din această experienţă, o atitudine sceptică faţă de convingerile care erau vii în ambianţa socială din acea vreme nu m-au părăsit niciodată, chiar dacă şi-au pierdut mai târziu din ascuţime, datorită unei mai bune înţelegeri a corelaţiilor cauzale.

Îmi este clar că paradisul religios al copilăriei, pe care l-am pierdut în acest fel, a fost o primă încercare de a mă elibera de cătuşele unei existenţe „strict personale", ale unei existenţe dominate de dorinţe, speranţe şi sentimente primitive. Căci există această lume mare, care este independentă de noi oamenii şi stă în faţa noastră ca o mare şi veşnică enigmă, măcar în parte accesibilă vederii şi gândirii noastre. Contemplarea ei are efectul unei eliberări şi curând mi-am dat seama că mulţi dintre oamenii pe care am învăţat să-i preţuiesc şi să-i admir şi-au găsit libertatea şi siguranţa interioară dăruindu-se pe de-a-ntregul cercetării ei. Cuprinderea prin gândire a acestei lumi extrapersonale2, în cadrul posibilităţilor ce ne stau la îndemână, mi-a apărut, pe jumătate conştient, pe jumătate inconştient, drept cel mai înalt ţel al vieţii. Oamenii cu aceeaşi atitudine, din prezent şi din trecut, ca şi judecăţile la care au ajuns ei au fost pentru mine bucurii ce nu se pot pierde. Calea spre acest paradis nu era atât de comodă şi de atrăgătoare ca şi calea spre paradisul religios; dar ea s-a dovedit demnă de încredere şi nu am regretat niciodată că am ales-o.

Ceea ce am spus aici este adevărat numai într-un anumit sens, tot aşa cum un desen care constă din câteva linii nu poate să reprezinte decât într-un sens restrâns un obiect complicat, caracterizat printr-o diversitate deconcertantă de detalii.

Dacă unui om gândurile bine ordonate îi produc bucurie este posibil ca această latură a fiinţei sale să se contureze mai puternic pe socoteala celorlalte şi să influenţeze astfel într-o măsură mai mare mentalitatea lui. În asemenea cazuri, este cu

putinţă ca acest om să vadă în retrospectivă o

dezvoltare unitară şi sistematică, în timp ce experienţele lui reale se desfăşoară în situaţii particulare care au un caracter caleidoscopic.

Varietatea situaţiilor exterioare şi îngustimea conţinutului momentan al conştiinţei atrag după ele un anumit fel de atomizare a vieţii fiecărui om. Pentru un om ca mine punctul de cotitură al dezvoltării constă în aceea că interesul principal se desprinde treptat, într-o măsură tot mai mare, de ceea ce este momentan şi strict personal şi se orientează spre cuprinderea lucrurilor cu ajutorul gândirii. Privite din acest punct de vedere, consideraţiile schematice de mai sus cuprind atâta adevăr cât poate fi exprimat în atât de puţine cuvinte.

Ce înseamnă de fapt „gândire”? Atunci când, la recepţionarea impresiilor senzoriale, iau naştere reprezentări, acestea nu sunt încă „gândire”. Dacă aceste imagini formează serii în care fiecare membru evocă un altul, nici acestea nu sunt încă

„Gândire”. Când însă o anumită imagine revine în multe asemenea şiruri, ea devine, prin însuşi faptul revenirii ei, un element ordonator pentru asemenea şiruri, în măsura în care leagă între ele şiruri lipsite de continuitate. Un asemenea element devine un instrument, un concept (*Begriff*). Consider că trecerea de la asocieri libere, sau „vise”, la gândire este caracterizată prin rolul mai mult sau mai puţin dominant pe care îl joacă aici „conceptul”. Nu este în sine necesar ca un concept să fie legat de un semn (cuvânt) perceptibil şi reproductibil; dacă însă se întâmplă aşa, gândirea poate, datorită acestui fapt, să fie comunicată.

Cu ce drept – se va întreba acum cititorul – operează acest om într-un mod atât de nepăsător şi primitiv cu idei într-un domeniu atât de problematic, fără să facă cea mai mică încercare de a dovedi ceva? Apărarea mea este: întreaga noastră gândire e ceva de felul unui joc liber cu conceptele; îndreptăţirea acestui joc constă în acea măsură a privirii de ansamblu asupra trăirilor senzoriale pe care. O putem atinge cu ajutorul lui.3 Conceptul

„adevăr” nu poate fi încă aplicat unei asemenea conformaţii; acest concept poate fi luat în considerare, după părerea mea, numai atunci când există un acord (o convenţie) cuprinzător cu privire la elementele şi regulile jocului.

161

HUiililili

Mi se pare neîndoielnic că gândirea noastră se desfăşoară în cea mai mare parte fără aplicarea semnelor (cuvintelor)

şi pe deasupra, în mare măsură, inconştient. Căci cum am putea altfel ajunge să ne „mirăm” în mod absolut spontan de o trăire? Această „mirare” pare să se producă atunci când o trăire intră în conflict cu o lume de concepte suficient de bine fixată în noi. Când un asemenea conflict este trăit cu putere şi intens, el se răsfrânge, într-un mod hotărâtor, asupra lumii gândirii noastre. Dezvoltarea acestei lumi a gândirii este, într-un anumit sens, o fugă continuă din starea de „mirare”.4

O mirare de acest fel am trăit eu la patru sau cinci ani, când tatăl meu mi-a arătat o busolă. Faptul că acest ac se comporta într-un mod atât de determinat nu se potrivea deloc cu felul de evenimente care-şi puteau găsi un loc în lumea inconştientă a conceptelor (a efectelor legate de „atingere”), îmi mai amintesc şi acum, sau cred că îmi amintesc, că această experienţă a avut asupra mea o influentă profundă şi statornică. Trebuia să fie ceva dincolo de lucruri, ceva care să fie profund ascuns. Omul nu reacţionează în felul acesta faţă de ceea ce se petrece sub ochii lui încă din copilărie; el nu se miră de căderea corpurilor, de vânt şi de ploaie, de lună, nici de faptul că aceasta nu cade, nici de deosebirea despre cele însufleţite şi neînsufleţite.

La vârsta de doisprezece ani am trăit o a doua mirare, de un fel cu totul deosebit, legată de o cărticică despre geometria plană euclidiană care mi-a căzut în mână la începutul unui an şcolar. Am întâlnit aici enunţuri, de exemplu despre intersecţia celor trei înălţimi ale unui

triunghi într-un punct, care, deşi nu erau în sine câtuşi de puţin evidente, puteau fi demonstrate cu asemenea certitudine încât orice îndoială părea să fie exclusă. Această claritate şi siguranţă a făcut asupra mea o impresie ce nu poate fi descrisă. Faptul că axiomele trebuiau acceptate fără demonstraţie nu m-a neliniştit, în general eram pe deplin satisfăcut când puteam să sprijin demonstraţiile pe propoziţii a căror valabilitate nu mi se părea îndoielnică, îmi amintesc, bunăoară, că un unchi mi-a vorbit despre teorema lui Pitagora înainte ca acea minunată cărticică de geometrie să fi ajuns în mâinile mele. Printr-un efort considerabil am reuşit să „demonstrez" această teoremă pe

temeiul asemănării triunghiurilor; procedând astfel mi s-a părut „evident" că raporturile dintre laturile unui triunghi dreptunghiular trebuie să fie pe de-a întregul determinate de unul din unghiurile ascuţite. Doar ceea ce nu apărea ca „evident".

Într-un mod asemănător mi se părea că necesită, în genere, o demonstraţie. De asemenea, obiectele de care se ocupă geometria mi s-au părut a nu fi de altă natură decât obiectele percepţiei senzoriale, „pe care putem să le vedem şi să le atingem".

Această concepţie primară, care stă şi la baza cunoscutei întrebări kantiene privitoare la posibilitatea „judecăţilor sintetice *a priori*", se sprijină, firește, pe faptul că relaţia conceptelor geometrice cu obiectele experienţei (etalon rigid, linie dreaptă etc.) era în mod inconştient prezentă.5

Dacă pare astfel posibil să obţinem prin gândire pură o cunoaştere certă despre obiectele experienţei, atunci această „mirare" se sprijină pe o eroare.6 Dar, pentru cel ce trăieşte pentru prima dată aşa ceva, este destul de surprinzător că omul este, în general, în stare să atingă un asemenea grad de certitudine şi puritate în gândirea pură ca acela pe care ni l-au revelat pentru prima dată grecii în geometrie.

Odată ce m-am lăsat deja abătut pentru a întrerupe necrologul de-abia început, nu ezit să enunţ aici, în câteva propoziţii, *credo-ul* meu epistemologic, cu toate că în cele de mai sus s-a mai spus, în treacăt, câte ceva în această privinţă. Acest *credo* s-a conturat abia mult mai târziu şi încet; *el* nu corespunde punctului de vedere pe care l-am adoptat în anii mai tineri.7

Văd, pe de o parte, totalitatea trăirilor senzoriale, pe de altă parte, totalitatea conceptelor şi enunţurilor ce sunt expuse în cărţi. Relaţiile dintre concepte şi enunţuri sunt de natură logică, iar sarcina gândirii logice se limitează strict la producerea conexiunilor dintre concepte şi enunţuri după reguli stabilite, de care se ocupă logica. Conceptele şi enunţurile capătă „sens", adică „conţinut", numai prin relaţiile lor cu trăirile senzoriale. Conexiunea acestora din urmă cu primele este pur intuitivă, cu alte cuvinte, nu este ea însăşi de natură logică. Gradul de certitudine cu care poate fi asumată această relaţie, adică această înlănţuire intuitivă, şi nu altceva, deosebeşte fantezia goală de „adevărul" ştiinţific.8

163

Sistemul de concepte este o creaţie a omului împreună cu regulile sintactice, care constituie structura sistemelor de concepte. Deşi sistemele de concepte, considerate din punct de vedere logic, sunt pe de-a întregul arbitrare, ele sunt legate prin ţelul de a face posibilă o coordonare cât mai sigură (intuitivă) şi completă cu totalitatea trăirilor senzoriale9; în al doilea rând, ele tind spre o cât mai mare economie în ceea ce priveşte elementele lor logic independente (concepte fundamentale şi axiome), adică concepte nedefinite şi enunţuri nederivate.10

Un enunţ este corect dacă este derivat, înăuntrul unui sistem logic, după regulile logice acceptate. Un sistem are conţinut de adevăr (*Wahrheitsgeha.lt*) corespunzător certitudinii şi completitudinii capacităţii sale de a se coordona cu totalitatea trăirilor senzoriale. Un enunţ corect îşi împrumută „adevărul" din conţinutul de

adevăr al sistemului căruia îi aparţine.

O remarcă privitoare la dezvoltarea istorică. Hume a înţeles clar că anumite noţiuni, de exemplu cea de cauzalitate, nu pot fi derivate din materialul experienţei prin metode logice. Kant, pe de altă parte, pătruns de faptul că anumite noţiuni sunt indispensabile, le considera, aşa cum sunt ele alese, drept premise necesare ale oricărei gândiri şi le distingea de noţiunile care au o origine empirică. Eu sunt încă convins că această distincţie este greşită, adică nu răspunde într-un mod natural problemei. Toate noţiunile, chiar şi cele mai apropiate de trăiri, sunt, din punct de vedere logic, postulate adoptate liber (*freie Setzungen*), exact ca şi noţiunea de cauzalitate, în legătură cu care a fost pentru prima dată pusă problema.11

Şi acum, înapoi la necrolog. La vârsta de 12 – 16 ani m-am familiarizat cu elementul matematicii, inclusiv cu principiile calculului diferenţial şi integral, în această privinţă am avut norocul să dau peste cărţi în care nu se exagera cu stringenţa logică, în schimb ideile principale erau evidenţiate sistematic.

Această ocupaţie a fost, în ansamblu, într-adevăr fascinantă;

În ea existau culmi care se puteau compara foarte bine, din punctul de vedere al impresiei pe care au făcut-o asupra mea, cu geometria elementară: ideile fundamentale ale geometriei analitice, seriile infinite, noţiunile de diferenţială şi integrală.

Am avut de asemenea norocul să iau cunoştinţă de rezultate

le şi metodele esenţiale ale ştiinţelor naturii, în întregul lor, într-o excelentă expunere populară care se limita aproape în întregime la aspectele calitative, cărţile populare de ştiinţă a naturii ale lui Bernstein, o lucrare în cinci sau şase volume, pe care am citit-o pe nerăsuflate. Studiasem deja şi ceva fizică teoretică atunci când am intrat, la şaptesprezece ani, în Institutul Politehnic din Zürich, ca student la matematică şi fizică.

Acolo am avut profesori extraordinari, de exemplu Hurwitz, Minkowski, astfel încât aş fi putut realmente să-mi formez o cultură matematică profundă. Eu lucram însă majoritatea timpului în laboratorul de fizică, fascinat de contactul direct cu experienţa. Restul timpului îl foloseam în primul rând pentru a studia acasă lucrările lui Kirchhoff.

Helmholrz, Hertz ş.a. Dacă am neglijat într-o anumită măsură matematica, aceasta se datora nu numai faptului că mă interesau mai mult ştiinţele naturii decât matematica, ci şi următoarei experienţe mai deosebite: mi-am dat seama că matematica se compunea din multe domenii speciale, fiecare din ele putând să ne ceară această scurtă viaţă care ne-a fost hărăzită. M-am văzut astfel în situaţia măgarului lui Buridan, care nu se putea hotărî pentru o anumită căpiţă de fân. Aceasta se datora evident faptului că intuiţia mea în domeniul matematicii nu era destul de puternică pentru a-mi permite să disting în mod sigur ceea ce era fundamental important, de bază, de restul erudiţiei care era mai mult sau mai puţin de prisos. În afară de aceasta, şi interesul meu pentru cunoaşterea naturii era necondiţionat mai mare. Şi nu mi-a fost clar, pe când eram încă student, că accesul la principii mai profunde ale cunoaşterii fizice se lega de stăpânirea celor mai complicate metode matematice. Am început să pricep acest lucru abia treptat, după ani de muncă ştiinţifică independentă.12 Desigur, fizica era şi ea împărţită în domenii speciale, dintre care fiecare putea să înghită o viaţă scurtă de muncă fără ca setea de cunoaştere mai profundă să fie astâmpărată. Masa faptelor experimentale, insuficient legate între ele, era şi aici copleşitoare. Am învăţat însă curând să dau de urma căii care putea duce spre profunzimi, lăsând la o parte restul, multitudinea de lucruri care umplu spiritul şi îl abat de la ceea ce este esenţial. Partea proastă era desigur că, pentru

examene, toate acestea trebuiau să fie înghiţite, de voie sau de nevoie. Această constrângere a avut un efect atât de descurajator încât, după examenul final, interesul

pentru probleme ştiinţifice mi-a pierit pentru un an întreg. La aceasta trebuie să adaug că noi în Elveţia am avut mai puţin de suferit decât în multe alte locuri de pe urma acestei constrângeri care înăbuşă adevăratul instinct ştiinţific. Nu erau, în total, decât două examene: în rest puteai să-ţi foloseşti timpul cum credeai de cuviinţă. Aşa se întâmpla îndeosebi atunci când aveai, cum am avut eu, un prieten bun care frecventa cu regularitate prelegerile şi prelucra conştiincios conţinutul acestora.13 Mi se oferea astfel libertatea în alegerea ocupaţiilor până cu puţine luni înaintea examenului, o libertate de care m-am bucurat din plin, acceptând cu plăcere, ca pe răul de departe cel mai mic, remuşcările ce o însoţeau. Este pur şi simplu un miracol că metodele moderne de învăţământ nu au sugrumat încă pe de-a-ntregul curiozitatea sfântă a cercetării; căci această plantă firavă cere, în afară de încurajare, în primul rând libertate; fără aceasta, ea piere negreşit. Este o mare greşeală să se creadă că bucuria de a privi şi de a căuta poate fi stimulată prin constrângere şi prin apel la simţul datoriei, îmi închipui că până şi un animal de pradă sănătos ar putea fi lecuit de lăcomie, dacă ar fi silit, cu ajutorul biciului, să mănânce în continuare când nu îi mai este foame, în special dacă hrana care i se oferă în aceste condiţii de constrângere ar fi aleasă în mod corespunzător.

Acum despre fizică, aşa cum se prezenta ea în acea vreme, în ciuda fertilităţii ei în detalii, în aspectele principale domina rigiditatea dogmatică. La început (dacă a existat aşa ceva).

Dumnezeu a creat legile mişcării ale lui Newton, împreună cu masele şi forţele necesare. Aceasta este totul; restul rezultă prin deducţie, datorită dezvoltării unor metode matematice adecvate.14 Ceea ce a realizat secolul al XIX-lea, sprijinindu-se pe această bază, mai ales prin aplicarea ecuaţiilor cu derivate parţiale, trebuia să trezească admiraţia oricărui om receptiv. Newton a fost probabil primul care a scos în evidenţă posibilităţile ecuaţiilor cu derivate parţiale în teoria lui asupra

propagării sunetului. Deja Euler a creat fundamentul hidrodinamicii. Dar desăvârşirea până în detalii a construcţiei mecanicii mase

166

lor discrete, ca bază a întregii fizici, a fost opera secolului al

XIX-lea. Cercetătorii au fost mai puţin impresionaţi de desăvârşirea tehnică a mecanicii şi rezolvarea problemelor mai complicate, cât de realizările mecanicii în domenii care, la prima vedere, nu aveau nimic de a face cu mecanica: teoria mecanică a luminii, care concepea lumina ca mişcare ondulatorie a unui eter elastic cvasi-rigid, şi, înainte de toate, teoria cinetică a gazelor: independenţa căldurii specifice a gazelor constituite dintr-un singur fel de atomi în raport cu greutatea atomică, derivarea ecuaţiei de stare a gazului şi relaţia ei cu căldura specifică, teoria cinetică a disocierii gazelor, şi, mai ales, corelaţia cantitativă dintre vâscozitatea, conductibilitatea termică şi difuziunea gazelor, care furniza şi mărimea absolută a atomilor. Aceste rezultate susţineau totodată mecanica drept bază a fizicii şi a ipotezei atomice, cea din urmă fiind deja bine ancorată în chimie, în chimie numai raporturile dintre atomi jucau un rol, nu şi mărimea lor absolută, aşa că teoria atomică putea fi considerată aici mai mult ca o imagine intuitivă decât drept o cunoaştere despre constituţia reală a substanţei. Făcând abstracţie de aceasta, de un mare interes era şi faptul că teoria statistică a mecanicii clasice a fost în stare să deducă legile fundamentale ale termodinamicii, ceea ce, în esenţă, realizase deja Boltzmann.

Iată de ce nu trebuie să ne mirăm că, putem spune, toţi fizicienii ultimului secol au văzut în mecanica clasică o temelie solidă şi definitivă a întregii fizici, ba chiar a întregii ştiinţe *a* naturii, şi că nu şi-au cruţat puterile încercând să întemeieze pe mecanică până şi teoria electromagnetică a lui

Maxwell, care se impunea între timp încetul cu încetul. Maxwell şi H. Hertz, care, priviţi retrospectiv, ne

apar, pe bună dreptate, ca cei care au zdruncinat încrederea în mecanică socotită ca bază definitivă a întregii gândiri fizice, s-au cramponat şi ei, în gândirea lor conştientă, de mecanică, acceptată ca bază asigurată a fizicii. Ernst Mach a fost acela care, în *Istoria mecanicii*, a zguduit această credinţă dogmatică; tocmai din acest punct de vedere, cartea lui a avut asupra mea, pe vremea când eram student, o influenţă profundă. Adevărata măreţie a lui Mach eu o văd în scepticismul şi independenţa lui de neclintit; în tinereţe m-a impresionat puternic

şi poziţia sa epistemologică, ce îmi apare însă astăzi ca fiind în principiu de nesusţinut. Anume, el nu a pus just în lumină natura, în esenţa ei, constructivă şi speculativă a oricărei gândiri, îndeosebi a gândirii ştiinţifice; ca urmare, el a respins teoria tocmai în acele domenii în care caracterul ei constructiv-speculativ iese cel mai bine în evidenţă, de exemplu, în teoria cinetică moleculară.15

Înainte de a trece la o critică a mecanicii ca bază a fizicii, trebuie spus ceva de ordin general cu privire la punctele de vedere din care pot fi criticate, în principiu, teoriile fizice.

Primul punct de vedere este evident: teoria nu are voie să contrazică faptele experienţei. Pe cât de vădită apare la prima vedere această cerinţă, pe atât de subtil se structurează ea în aplicare. Astfel, putem deseori, poate chiar întotdeauna, să menţinem o temelie teoretică generală în măsura în care facem posibilă adaptarea ei la fapte prin ipoteze suplimentare, introduse în mod artificial. În orice caz, acest prim punct de vedere priveşte confirmarea bazei teoretice de către un material empiric disponibil.

Al doilea punct de vedere nu priveşte relaţia cu materialul de observaţie, ci premisele teoriei înseşi, ceea ce desemnăm pe scurt, dar vag, ca „naturaleţe” (*Natürlichkeit*) sau „simplitatea logică” a premiselor (a conceptelor fundamentale şi a relaţiilor dintre acestea,

care sunt luate ca punct de plecare). Acest punct de vedere, a cărui formulare exactă se loveşte de mari dificultăţi, a jucat dintotdeauna un rol important în alegerea şi evaluarea teoriilor. Aici nu este vorba pur şi simplu de un fel de enumerare a premiselor logic independente (presupunând că aceasta ar putea fi în genere realizată într-un mod univoc), ci de un fel de evaluare reciprocă a unor calităţi incomensurabile. Dintre teoriile cu o bază la fel de simplă, superioară va trebui considerată, în cele din urmă, aceea care limitează în modul cel mai strict calităţile în sine posibile ale sistemelor (conţine adică cerinţele cele mai precise).16 Despre

„Domeniul" teoriilor nu trebuie să spun aici nimic, deoarece noi ne limităm la teoriile al căror obiect îl constituie *totalitatea* fenomenelor fizice. Al doilea punct de vedere ar putea fi caracterizat pe scurt ca cel ce priveşte „perfecţiunea internă" (*innere Vollkommenheit*) a teoriei, în timp ce primul punct

de vedere se referă la „confirmarea externă". De „perfecţiunea internă" a unei teorii ţine, cred eu, şi următorul fapt:

preţuim mai mult o teorie dacă ea nu este din punct de vedere logic rezultatul unei alegeri arbitrare, între teorii de valoare egală şi construite analog.

Nu voi încerca să scuz prin lipsa de spaţiu tipografic insuficienta precizie a enunţurilor ce sunt conţinute în ultimele două alineate; dimpotrivă, recunosc că nu prea sunt capabil, sau poate nu sunt deloc, să înlocuiesc aceste indicaţii prin definiţii mai precise. Cred totuşi că ar fi posibilă o formulare mai precisă, în orice caz, se poate constata că între „auguri".

există de cele mai multe ori un acord în ceea ce priveşte aprecierea „perfecţiunii interne" a teoriilor şi tocmai de aceea asupra gradului „confirmării externe".

Şi acum despre critica mecanicii ca bază a fizicii.

Din primul punct de vedere (confirmarea prin fapte), încorporarea opticii ondulatorii în imaginea mecanică a

lumii trebuia să trezească îndoieli serioase. Dacă urma ca lumina să fie concepută ca mişcare ondulatorie într-un corp elastic

(eterul), atunci acesta trebuia să fie un mediu care pătrunde totul; ţinând seama de transversalitatea undelor luminoase, el trebuia să semene în ceea ce este esenţial cu un corp solid, dar incompresibil, astfel încât să nu existe unde longitudinale. Acest eter trebuia să ducă o existenţă fantomatică alături de restul materiei în măsura în care nu părea să opună nicio rezistenţă faţă de mişcarea corpurilor „ponderabile".

Pentru a explica indicele de refracţie al corpurilor transparente, ca şi procesele de emisie şi absorbţie a radiaţiei, trebuia să presupunem existenţa unor interacţiuni complicate între cele două tipuri de materie, ceea ce nici măcar nu s-a încercat în mod serios, pentru a nu mai vorbi de realizarea a aşa ceva.

În plus, forţele electromagnetice cereau introducerea unor mase electrice, care, deşi nu posedau o inerţie demnă de luat în seamă, exercitau acţiuni reciproce unele asupra celorlalte, şi anume, în opoziţie cu forţele gravitaţionale, acţiuni de tip polar.

Ceea ce i-a determinat pe fizicieni, după multe ezitări, să părăsească credinţa în posibilitatea întemeierii întregii fizici pe mecanica lui Newton a fost electrodinamica lui

169

Faraday-Maxwell. Această teorie, precum şi confirmarea ei prin experimentele lui Hertz, a arătat că există procese electromagnetice care prin esenţa lor sunt desprinse de orice materie ponderală, şi anume undele în spaţiul gol care constau din „câmpuri" electromagnetice. Dacă se voia menţinerea mecanicii ca bază a fizicii, atunci ecuaţiile lui Maxwell trebuiau să fie interpretate mecanic, în timp ce se lucra cu multă râvnă, dar fără succes, în această direcţie, ecuaţiile îşi dovedeau în măsură tot mai mare fertilitatea. Cu timpul, oamenii s-au obişnuit să opereze cu aceste câmpuri ca entităţi independente, fără

să mai considere necesară justificarea naturii lor mecanice; astfel, ideea mecanicii ca bază a fizicii a fost părăsită aproape pe neobservate, fiindcă punerea ei de acord cu faptele s-a dovedit a fi, în cele din urmă, lipsită de orice perspectivă. De atunci există două tipuri de elemente conceptuale: pe de o parte, puncte materiale cu forţe care acţionează la distanţă între ele, pe de altă parte, câmpul continuu. Este o stare intermediară a fizicii, fără o bază unitară pentru întreg, care, deşi nesatisfăcătoare, este încă departe de a fi depăşită.17

Şi acum câteva observaţii cu privire la critica mecanicii ca bază a fizicii din al doilea punct de vedere, punctul de vedere intern. În actualul stadiu de dezvoltare a ştiinţei, adică după abandonarea ideii fundamentului mecanic, această critică prezintă doar un interes metodologic. Ea este însă foarte potrivită pentru a pune în evidenţă un mod de a argumenta care în viitor va trebui să joace un rol cu atât mai mare în alegerea teoriilor cu cât conceptele de bază şi axiomele se îndepărtează mai mult de ceea ce este direct perceptibil, astfel încât confruntarea implicaţiilor teoriei cu faptele va deveni tot mai anevoioasă şi va cere tot mai mult timp. Aici trebuie pomenit în primul rând argumentul lui Mach, care de altfel a fost recunoscut fără echivoc încă de către Newton (experimentul cu vasul).18

Din punctul de vedere al descrierii pur geometrice, toate sistemele de coordonate „rigide” sunt logic echivalente unele în raport cu celelalte. Ecuaţiile mecanicii (de exemplu, legea inerţiei) pretind valabilitate numai faţă de o anumită clasă a acestor sisteme, şi anume faţă de „sistemele inerţiale”. Sis

temui de coordonare, ca obiect corporal, este aici fără importanţă. Pentru a justifica necesitatea acestei alegeri trebuie căutat ceva în afara obiectelor (mase, distanţe) cu care se ocupă teoria. De aceea, Newton a introdus cât se poate de explicit, în calitate de factor cauzal determinant, „spaţiul absolut”, ca participant activ,

prezent în toate procesele mecanice; prin

„Absolut” el înţelege, evident, neinfluenţat de mase şi de mişcările lor. Ceea ce făcea ca situaţia să apară deosebit de neplăcută era faptul că trebuia să existe infinit de multe sisteme inerţiale în mişcare uniformă unele în raport cu altele şi libere de efecte de rotaţie, sisteme care trebuiau să fie distinse în raport cu toate celelalte sisteme rigide.

Mach presupunea că, într-o teorie cu adevărat raţională, inerţia, la fel ca şi celelalte forţe la Newton, trebuia să se bazeze pe interacţiunea maselor, o concepţie pe care am considera i-o mult timp ca fiind, în principiu, concepţia justă.

Ea presupunea însă implicit că teoria fundamentală trebuie să fie una de tipul general al mecanicii lui Newton; conceptele ei iniţiale trebuie să fie masele şi interacţiunile dintre ele.

O asemenea încercare de rezolvare nu îşi are însă locul într-o teorie consecventă a câmpului, cum se va vedea de îndată.

Cât de întemeiată este însă în sine critica lui Mach se poate observa deosebit de clar din următoarea analogie. Să ne închipuim că oamenii care formulează o teorie mecanică nu cunosc decât o mică parte din suprafaţa Pământului şi nu pot percepe stelele. Ei vor fi înclinaţi să atribuie dimensiunii verticale a spaţiului proprietăţi fizice deosebite (direcţia acceleraţiei corpurilor în cădere) şi să argumenteze, sprijinindu-se pe această bază conceptuală, că Pământul este în mai multe locuri orizontal. Ei nu vor fi dispuşi să se lase influenţaţi de argumentul că, sub raportul proprietăţilor geometrice, spaţiul este izotrop şi că, din acest motiv, este nesatisfăcător să formulăm legi fizice potrivit cărora trebuie să existe o direcţie privilegiată; ei vor fi probabil înclinaţi (ca şi Newton) să declare că verticala are o valoare absolută, că aceasta o dovedeşte însăşi experienţa şi că trebuie să ne împăcăm cu acest fapt. Privilegierea verticalei în raport cu toate celelalte direcţii spaţiale este strict analogă cu

privilegierea sistemelor inerţiale în raport cu alte sisteme de coordonate rigide.

171

Să examinăm acum alte argumente care se referă tot la simplitatea internă, respectiv la naturaleţea mecanicii. Dacă preluăm, fără nicio îndoială critică, conceptele de spaţiu (inclusiv geometria) şi de timp, nu există în sine niciun temei pentru a obiecta împotriva punerii la bază a acţiunilor la distanţă, chiar dacă un asemenea concept nu se potriveşte cu acele idei care sunt constituite pe baza experienţei brute a vieţii de fiecare zi. În schimb, există o altă reflecţie care face ca ideea după care mecanica este baza fizicii să ne apară drept primitivă. Există în esenţă două legi:

1) legea mişcării

2) expresia pentru forţă sau energie potenţială.

Legea mişcării este precisă, dar lipsită de conţinut atât timp cât nu este dată expresia pentru forţe, în postularea celei din urmă există însă mai mult loc pentru arbitrar, îndeosebi dacă se renunţă la cerinţa, care nu este în sine naturală, că forţele depind numai de coordonate (şi nu, de exemplu, de derivatele lor în raport cu timpul), în cadrul teoriei este pe de-a întregul arbitrar că forţele de gravitaţie (şi electrice), care emană dintr-un punct, sunt guvernate de funcţia potenţială (—). O remarcă suplimentară: se ştie deja de mult că această funcţie reprezintă soluţia cu simetrie sferică a celei mai simple ecuaţii diferenţiale Aep = O (invariantă faţă de rotaţii); ar fi fost deci firesc ca acest fapt să fie considerat drept un indiciu că respectiva funcţie trebuie privită ca fiind determinată de o lege a spaţiului, care ar fi eliminat arbitrarul în alegerea legii energiei. Aceasta este de fapt primul indiciu care recomandă renunţarea la teoria forţelor ce acţionează la distanţă, o dezvoltare iniţiată de Faraday, Maxwell şi Hertz, dar care se instituie abia mai târziu sub presiunea exterioară a experienţei.

Aş dori să menţionez, de asemenea, drept o nesimetrie internă a teoriei, că masa inertă care intervine

în legea mişcării intervine şi în expresia forţei gravitaţiei, dar nu în expresia celorlalte forţe, în sfârşit, aş dori să atrag atenţia asupra faptului că diviziunea energiei în două părţi esenţial distincte, energie cinetică şi energie potenţială, trebuie să apară ca lipsită de naturaleţe. Pentru H. Hertz acest fapt a fost atât de stânjenitor, încât el a încercat, în ultima lui lucrare.

172

să elibereze mecanica de conceptul de energie potenţială

(adică de conceptul de forţă).

Dar destul despre acestea. iartă-mă, Newton; tu ai găsit singurul drum care mai era încă posibil în vremea ta pentru un om cu cea mai înaltă capacitate de gândire şi de creaţie.

Conceptele pe care le-ai creat ne călăuzesc şi astăzi în gândirea noastră fizică, deşi acum ştim că ele trebuie înlocuite cu altele, care sunt situate mai departe de sfera experienţei nemijlocite, dacă ţintim spre o înţelegere mai profundă a conexiunilor.19

„Să fie, oare, acesta un necrolog?" se poate întreba cititorul uimit, în esenţă da, mi-ar plăcea să răspund. Căci esenţialul în existenţa unui om ca mine stă în *ce* şi *cum* gândeşte, nu în ceea ce face sau resimte. Aşadar, necrologul se poate mărgini în principal la comunicarea unor gânduri care au jucat un rol considerabil în strădaniile mele. O teorie este cu atât mai impresionantă cu cât este mai mare simplitatea premiselor ei, cu cât sunt mai diferite lucrurile pe care le leagă, cu cât este mai cuprinzător domeniul ei de aplicare. Acestui fapt i se datorează impresia profundă pe care a făcut-o asupra mea termodinamica clasică. Este singura teorie fizică cu conţinut universal despre care sunt convins că, în domeniul de aplicare al conceptelor ei fundamentale, nu va fi niciodată răsturnată (în atenţia deosebită a celor ce sunt din principiu sceptici).20

În perioada studiilor mele, domeniul cel mai fascinant era teoria lui Maxwell. Ceea ce o făcea să apară

drept revoluţionară era tranziţia de la acţiuni la distanţă la câmpuri ca mărimi fundamentale, încorporarea opticii în teoria electromagnetismului, caracterizată prin corelarea vitezei luminii cu sistemul absolut de unităţi de măsură electrice şi magnetice, ca şi a coeficientului de refracţie cu constanta dielectrică, prin relaţia cantitativă dintre capacitatea de reflecţie şi conductibilitatea metalică a corpului a fost ca o revelaţie. Făcând abstracţie de tranziţia la teoria câmpului, adică de exprimarea legilor elementare prin ecuaţii diferenţiale, Maxwell nu avusese nevoie decât de un singur pas ipotetic, introducerea curentului electric de deplasare în vid, precum şi în substanţele dielectrice şi în efectul lor magnetic, o inovaţie

173

care a fost aproapeprescrisă de proprietăţile formale ale ecuaţiilor diferenţiale. În acest context, nu pot să-mi reprim o remarcă, şi anume că perechea Faraday-Maxwell prezintă o asemănare internă remarcabilă cu perechea Galilei-Newton;

primul din fiecare pereche surprinde intuitiv o corelaţie, al doilea o formulează exact şi o aplică apoi sub aspect cantitativ principal.

Ceea ce îngreuna pe arunci înţelegerea esenţei teoriei electromagnetice era următoarea împrejurare caracteristică.

„Intensităţile" câmpului electric şi magnetic, precum şi „deplasările" au fost tratate drept mărimi la fel de elementare, spaţiul gol ca un caz particular al unui corp dielectric.

Materia apărea ca purtător (*Trăger*) al câmpului, nu *spaţiul*.

Prin aceasta era implicat că purtătorul câmpului posedă o viteză, lucru care trebuia să fie valabil, firește, şi pentru „vacuum" (eter). Electrodinamica corpurilor în mişcare a lui

Hertz este întemeiată în întregime pe acest punct de vedere principial.

Marele merit al lui H.A. Lorentz a fost că el a realizat

aici, într-un mod convingător, o schimbare, în principiu există, după el, un câmp numai în spaţiul gol. Materia concepută atomist este singurul sediu al sarcinilor electrice; între particulele materiale există spaţiu gol, sediul câmpului electromagnetic, care este produs prin poziţia şi viteza sarcinilor punctiforme localizate în particulele materiale. Dielectricitatea, conductibilitatea etc. sunt determinate exclusiv de tipul legăturii mecanice a particulelor din care constau corpurile. Sarcinile particulelor creează câmpul care, pe *de* altă parte, exercită forţe asupra sarcinii particulelor, determinând mişcarea acestora din urmă după legea mişcării formulată de Newton. Dacă comparăm această teorie cu teoria lui Newton, schimbarea constă în faptul că forţele care acţionează la distanţă sunt înlocuite cu câmpul ce descrie şi radiaţia. Dată fiind valoarea ei relativ mică, de cele mai multe ori gravitaţia nu mai este luată în seamă; considerarea ei era însă întotdeauna posibilă prin îmbogăţirea structurii câmpului, adică prin extinderea legii câmpului a lui Maxwell. Fizicianul generaţiei actuale consideră punctul de vedere la care a ajuns

Lorentz ca singurul posibil; în acea vreme el a reprezentat

174

Însă un pas surprinzător şi îndrăzneţ, fără de care dezvoltarea ulterioară nu ar fi fost posibilă.

Dacă examinăm critic această fază a dezvoltării teoriei, ne sare în ochi dualismul care constă în aceea că punctul material conceput în sens newtonian şi câmpul gândit drept continuu sunt utilizate unul alături de celălalt, în calitate de concepte elementare. Energia cinetică şi energia câmpului apar ca lucruri principial diferite. Această situaţie apare cu atât mai nesatisfăcătoare cu cât, potrivit teoriei lui Maxwell, câmpul magnetic al unei sarcini electrice în mişcare reprezintă inerţie. De ce, deci, nu *întreaga* inerţie? într-un asemenea caz, nu ar mai exista decât energia câmpului şi particula nu ar fi decât un domeniu de densitate deosebit de mare al energiei

câmpului, într-un asemenea caz, s-ar putea spera derivarea conceptului de punctul material, împreună cu ecuaţiile de mişcare ale particulei, din ecuaţiile câmpului;

dualismul stânjenitor ar fi înlăturat.

H.A. Lorentz ştia foarte bine acest lucru. Totuşi, ecuaţiile lui Maxwell nu permiteau derivarea acelui echilibru al electricităţii ce constituie o particulă. Numai alte ecuaţii, ecuaţiile *neliniare* ale câmpului, puteau eventual să realizeze aşa ceva. Nu exista însă nicio metodă pentru găsirea unor asemenea ecuaţii ale câmpului fără a aluneca într-un arbitrar aventuros, în orice caz, se putea crede că, mergând pe calea deschisă cu atâta succes de Faraday şi Maxwell, se va găsi, cu timpul, o temelie nouă şi sigură pentru întreaga fizică.

Revoluţia începută prin introducerea câmpului nu s-a încheiat câtuşi de puţin aici. S-a întâmplat ca, independent de cele discutate, la limita dintre cele două secole să se instaleze o a doua criză fundamentală, a cărei seriozitate a fost dintr-odată recunoscută datorită cercetărilor lui Max Planck asupra radiaţiei calorice (1900). Istoria acestui eveniment este cu atât mai remarcabilă cu cât, cel puţin în prima ei fază, ea nu a fost influenţată de nicio descoperire surprinzătoare de natură experimentală.

Pornind de la consideraţii termodinamice, Kirchhoff a conchis că densitatea energiei şi compoziţia spectrală a radiaţiei într-o incintă închisă de pereţi impermeabili la temperatura T sunt independente de natura pereţilor. Aceasta

Înseamnă că densitatea non-cromatică a radiaţiei, p, este o funcţie universală de frecvenţă v şi de temperatura absolută *T*. Aşa a luat naştere interesanta problemă a determinării acestei funcţii p (v, T). Ce se putea stabili pe cale teoretică despre această funcţie? Potrivit teoriei lui Maxwell, radiaţia trebuia să exercite asupra pereţilor o presiune determinată de densitatea totală a energiei. De aici, Boltzmann a conchis pe căi pur termodinamice că densitatea totală a energiei radiaţiei (J pdv) este

proporţională cu T4. El a găsit astfel o întemeiere teoretică unei legi descoperite empiric încă de către Ştefan, adică a legat-o de fundamentul teoriei lui Maxwell. Apoi, W.

Wien a descoperit printr-o ingenioasă reflecţie termodinamică, ce utiliza de asemenea teoria lui Maxwell, că funcţia universală *p* a variabilelor v şi T trebuie să fie de forma unde *fA* desemnează o funcţie universală de o singură variabilă – =. Este clar că determinarea teoretică a acestei funcţii universale/avea o însemnătate fundamentală şi tocmai aceasta era sarcina în faţa căreia stătea Planck. Măsurători scrupuloase au dus la o determinare empirică foarte exactă a funcţiei/. Sprijinindu-se pe aceste măsurători empirice, el a reuşit mai întâi să găsească un enunţ care redă foarte bine măsurătorile:

Snftv3!

P = – 3-*i*-i *q*"…

unde *h* şi *k* sunt două constante universale, dintre care prima a condus la teoria cuantică. Această formulă arată oarecum ciudat din cauza numitorului. Putea ea să fie derivată teoretic? Planck a găsit într-adevăr o derivare ale cărei imperfecţiuni au rămas la început ascunse; acest din urmă fapt a fost un adevărat noroc pentru dezvoltarea fizicii. Dacă această formulă era corectă, ea permitea, cu ajutorul teoriei

176

lui Maxwell, calcularea energiei medii E a unui oscilator cvasi-monocromatic aflat în câmpul de radiaţie:

=

hv eki –!

Planck a preferat să încerce calculul teoretic al acestei din urmă mărimi, în această străduanie, termodinamica nu i-a fost, mai întâi, de folos şi tot atât de puţin teoria lui Maxwell. Dar ceea ce apărea neobişnuit de încurajator în această formulă era următoarea împrejurare. Ea furniza pentru valori înalte ale temperaturii (pentru un v constant) expresia:

Este aceeaşi expresie cu cea pe care o furnizează teoria cinetică a gazelor pentru energia medie a unui

punct material capabil să oscileze elastic într-o dimensiune, şi anume ea furnizează expresia:

= – T.

N

unde R desemnează constanta ecuaţiei de stare a unui gaz, iar *N* numărul de molecule în molecula gram. Constanta exprimă mărimea absolută a atomului. Echivalarea celor două expresii furnizează

Una din constantele formulei lui Planck furnizează deci în mod exact mărimea adevărată a atomului. Valoarea numerică era în acord satisfăcător cu determinarea lui *N* cu ajutorul teoriei cinetice a gazelor, chiar dacă această din urmă determinare nu era prea precisă.

Acesta a fost un mare succes pe care Planck l-a recunoscut în mod clar. Lucrul avea însă un revers neconvenabil pe care Planck, din fericire, nu l-a observat de la început. Reflecţia cere ca relaţia E = *ki* să fie valabilă şi pentru temperaturi mici. În acest caz s-a isprăvit însă cu formula lui Planck şi

177

cu constanta *h*. Consecinţa corectă ce rezultă din teoria existentă ar fi fost deci: fie că energia cinetică medie a oscilatorului nu este furnizată corect de teoria gazelor, ceea ce ar însemna o infirmare a mecanicii (statistice), fie că energia medie a oscilatorului nu este dată corect de teoria lui Maxwell, ceea ce ar însemna o infirmare a acesteia din urmă. Aşa stând lucrurile, cel mai probabil este că ambele teorii sunt corecte numai la limită şi sunt false în celelalte cazuri; aceasta şi este în realitate situaţia, după cum vom vedea în cele ce urmează. Dacă Planck ar fi urmat însă acest raţionament, el nu şi-ar fi realizat poate marea lui descoperire, fiindcă reflecţiei sale i-ar fi fost retras fundamentul.

Înapoi acum la raţionamentul lui Planck. Pe baza teoriei cinetice a gazelor, Boltzmann a descoperit că entropia, făcând abstracţie de un factor constant, este egală cu logaritmul „probabilităţii" stării avute în vedere. El a identificat astfel esenţa proceselor „ireversibile" în

sensul termodinamicii. Considerate din punct de vedere mecanic-molecular, toate procesele sunt, dimpotrivă, reversibile. Dacă o stare definită molecular-teoretic este numită o stare descrisă microscopic sau pe scurt microstare, iar o stare descrisă în termenii termodinamicii o macrostare, atunci unei stări macroscopice îi aparţin nenumărate stări (Z). Z este atunci măsura probabilităţii unei macrostări date. Însemnătatea covârşitoare a acestei idei apare şi în faptul că aplicabilitatea ei nu este limitată la descrierea microscopică pe baza mecanicii. Planck a înţeles acest lucru şi a aplicat principiul lui Boltzmann unui sistem care consta din foarte mulţi rezonatori de aceeaşi frecvenţă v. Starea macroscopică este dată de energia totală a oscilaţiei tuturor rezonatorilor, iar microstarea prin indicarea energiei

(momentane) a fiecărui rezonator individual. Pentru a putea exprima numărul microstărilor ce aparţin unei macrostări printr-un număr finit, el a împărţit energia totală într-un număr mare, dar finit, de elemente de energie (*Energie-Elemente*) *e* identice şi a întrebat: în câte feluri pot fi împărţite aceste elemente de energie între rezonatori? Logaritmul acestui număr furnizează apoi entropia şi cu aceasta (pe cale termodinamică) temperatura sistemului. Planck obţinea acum formula pentru radiaţie alegându-şi elementele de energie

178

e *de* mărimea *e = hv*. Hotărâtor este aici că rezultatul este condiţionat de faptul că se ia *pentru a o* anumită valoare finită, adică de faptul că nu se trece la limita e = O. Această formă a raţionamentului nu lasă să se înţeleagă clar că el este în contradicţie cu baza mecanică şi electrodinamică, pe care se sprijină de altfel derivarea, în realitate, derivarea presupune implicit că energia poate fi absorbită şi emisă de rezonatori individuali numai în „cuante" de mărimea *h v şi* că deci energia unei structuri mecanice ce are capacitatea de a oscila, ca şi energia radiaţiei pot fi transmise numai în asemenea cuante, în opoziţie cu legile mecanicii şi electrodinamicii. Aici

contradicţia cu dinamica era fundamentală, în timp ce contradicţia cu electrodinamică putea să fie mai puţin fundamentală. Expresia pentru densitatea energiei radiaţiei este, ce-i drept, *compatibilă* cu ecuaţiile lui Maxwell, dar ea nu este o consecinţă necesară a acestor ecuaţii. Că această expresie furnizează importante valori medii rezultă din faptul că legile lui Stefan-Boltzmann şi Wien, care se sprijină pe ea, concordă cu experienţa.

Am înţeles toate acestea la puţin timp după apariţia lucrării fundamentale a lui Planck, astfel încât, fără a avea un înlocuitor pentru mecanica clasică, puteam totuşi să-mi dau seama ce consecinţe are această lege a radiaţiei temperaturii pentru efectul fotoelectric şi alte fenomene înrudite de transformare a energiei radiaţiei, ca şi pentru căldura specifică (mai ales) a corpurilor solide. Toate încercările mele de a adapta fundamentul teoretic al fizicii la aceste cunoştinţe au eşuat însă în întregime. Era ca şi cum cuiva i-ar fi fugit pământul de sub picioare, fără ca undeva să se întrezărească un teren solid, pe care s-ar fi putut clădi. Faptul că această temelie şubredă şi contradictorie i-a fost suficientă unui om cu instinctul unic, în felul său, şi cu sensibilitatea lui Bohr pentru a descoperi legile esenţiale ale liniilor spectrale şi ale învelişurilor electronice ale atomului, împreună cu semnificaţia lor pentru chimie, mi s-a părut a fi o minune şi tot aşa mi se pare şi astăzi.

Este cea mai înaltă formă a muzicalităţii în domeniul gândirii.21

În acei ani, propriul meu interes era îndreptat mai puţin spre consecinţele particulare ale descoperirii lui Planck.

oricât de importante puteau să fie acestea. Problema mea principală era: ce consecinţe generale puteau fi derivate din formula radiaţiei în ceea ce priveşte structura radiaţiei şi, în genere, în ceea ce priveşte întemeierea fizicii pe electromagnetism? înainte de a mă referi la aceasta, trebuie să amintesc pe scurt anumite cercetări

legate de mişcarea browniană şi de alte subiecte înrudite (fenomene de fluctuaţie) care se întemeiau în principal pe mecanica moleculară clasică. Necunoscând cercetările lui Boltzmann şi Gibbs, care apăruseră mai înainte, şi care epuizaseră într-adevăr subiectul, am dezvoltat mecanica statistică şi teoria cinetică-moleculară a termodinamicii, întemeiată pe prima. Scopul meu principal în aceste cercetări era să găsesc fapte care să asigure pe cât posibil existenta atomilor cu mărimi finite determinate. Am descoperit astfel că, după teoria atomistă, trebuie să existe o mişcare a particulelor microscopice suspendate, accesibilă observaţiei, fără să ştiu că observaţii asupra „mişcării browniene" erau deja de mult timp cunoscute. Cea mai simplă derivare se sprijinea pe următorul considerent. Dacă teoria cinetică-moleculară este în principiu corectă, atunci o suspensie de particule vizibile trebuie să posede acelaşi fel de presiune osmotică, ce satisface legile gazelor, ca şi o soluţie de molecule. Această presiune osmotică depinde de mărimea reală a moleculelor, adică de numărul moleculelor într-un echivalent gram (*Gramm-Aec\uwalent*). Dacă soluţia este de o densitate neomogenă, atunci presiunea osmotică este de asemenea neomogenă şi generează o mişcare de difuzie compensatorie, care poate fi calculată pe baza mobilităţii cunoscute a particulelor. Acest proces de difuzie poate fi conceput, pe de altă parte, şi ca rezultatul deplasării întâmplătoare, iniţial necunoscută sub aspectul mărimii, a particulelor suspendate, sub acţiunea agitaţiei termice. Prin compararea valorilor pentru curentul de difuziune, obţinute prin cele două raţionamente, se ajunge din punct de vedere cantitativ la legea statistică pentru aceste deplasări, adică la legea mişcării browniene.

Concordanţa acestor consideraţii cu experienţa, împreună cu determinarea dată de Planck mărimilor moleculare reale pe baza legii radiaţiei (pentru temperaturi înalte), i-a convins pe numeroşii sceptici din acea vreme (Ostwald, Mach) de

realitatea atomilor. Aversiunea acestor cercetători faţă de teoria atomistă se datorează, fără îndoială, poziţiei lor filosofice pozitiviste. Aceasta este o ilustrare interesantă a faptului că chiar şi cercetători cu spirit îndrăzneţ şi cu un instinct fin pot să fie împiedicaţi în interpretarea faptelor de prejudecăţi filosofice. Prejudecata, care nu a dispărut câtuşi de puţin între timp, constă în credinţa că faptele pot fi şi trebuie să furnizeze singure, fără construcţii conceptuale libere, cunoaştere ştiinţifică. O asemenea eroare se datorează numai faptului că este greu să ne dăm seama că noţiuni care, prin confirmare şi folosire îndelungată, par să fie legate nemijlocit de materialul empiric sunt rezultatul unei alegeri libere.22

Succesul teoriei mişcării browniene a arătat din nou în mod clar că mecanica clasică furnizează întotdeauna rezultate ce sunt demne de încredere când este aplicată unor mişcări la care derivatele temporale înalte ale vitezei sunt neglijabile. Pornind de aici, poate fi întemeiată o metodă relativ directă pentru a afla din formula lui Planck ceva despre constituţia radiaţiei. Se poate într-adevăr conchide că, într-un spaţiu umplut cu radiaţie, o oglindă mişcată liber (vertical faţă de planul ei), care reflectă cvasi-monocromatic, trebuie să efectueze un fel de mişcare browniană a cărei energie cinetică medie

1 D

este egală cu Ţ (R = constanta ecuaţiei gazului pentru o moleculă gram, N = numărul moleculelor într-o moleculă gram, T = temperatura absolută). Dacă radiaţia nu ar fi supusă unor oscilaţii locale, oglinda ar ajunge treptat în repaus, fiindcă, datorită mişcării ei, faţa reflectă mai multă radiaţie decât spatele. Oglinda trebuie însă să înregistreze anumite oscilaţii neregulate ale presiunii exercitate asupra ei, calculabile pe baza teoriei lui Maxwell, datorită faptului că pachetele de unde se constituie radiaţia interferează unele cu altele. Calculul arată însă că aceste oscilaţii ale presiunii (îndeosebi în cazul unor densităţi mici ale radiaţiei)

nu sunt câtuşi de puţin suficiente pentru a da oglinziienereia cinetică medie-T. Pentru a ajunge la acest rezultat

2 N

trebuie să presupunem mai degrabă că există un al doilea tip de oscilaţie a presiunii, care nu rezultă din teoria lui Maxwell.

181

ceea ce corespunde presupunerii că energia radiaţiei constă din cuante de energie indivizibile, localizate punctiform, *hv* de energie *h v şi* de impuls (*e* = viteza luminii), care sunt *e* reflectate nedivizate. O asemenea abordare arată în mod drastic şi direct că cuantelor lui Planck trebuie să li se atribuie o realitate nemijlocită, că, prin urmare, radiaţia trebuie să posede din punct de vedere energetic un fel de structură moleculară, ceea ce este, fireşte, în contradicţie cu teoria lui

Maxwell. Şi consideraţiile asupra radiaţiei întemeiate nemijlocit pe relaţia dintre entropie şi probabilitate a lui Boltzmann

(probabilitatea = frecvenţă statistică în timp) conduceau la acelaşi rezultat. Această natură dublă a radiaţiei (şi a corpusculilor materiali) este o însuşire fundamentală a realităţii pe care mecanica cuantică a interpretat-o într-un mod ingenios şi cu un succes uluitor. Această interpretare, pe care aproape toţi fizicienii contemporani o consideră ca fiind în esenţă definitivă, mi se pare doar o soluţie temporară; urmează mai jos unele observaţii asupra acestei chestiuni.

Imediat după 1900, adică la scurt timp după lucrarea deschizătoare de drumuri a lui Planck, am ajuns, în urma unor asemenea reflecţii, la concluzia că nici mecanica, nici electrodinamica nu pot pretinde o valabilitate exactă (în afara unor cazuri-limită). Cu timpul, mi-am pierdut nădejdea că s-ar putea descoperi adevăratele legi prin eforturi constructive, sprijinite pe faptele cunoscute. Cu cât strădaniile mele erau mai îndelungate şi mai disperate, cu atât mi se întărea mai mult convingerea că numai

găsirea unui principiu formal general putea să ne conducă la rezultate sigure. Ca model mi-a servit termodinamica. Acolo, principiul general era dat în propoziţia: legile naturii sunt de aşa fel încât este imposibil să se construiască un *perpetuum mobile* (de speţa întâi şi de speţa a doua).23 Cum putea fi găsit însă un asemenea principiu general? Un asemenea principiu a rezultat, după zece ani de reflecţie, dintr-un paradox de care mă lovisem încă la vârsta de şaisprezece ani: dacă alerg după o rază de lumină cu viteza e (viteza luminii în vid), va trebui să percep lumina ca un câmp electromagnetic în repaus, care oscilează în spaţiu. Se părea însă că aşa ceva nu putea să existe.

182

l nici pe temeiul experienţei, nici potrivit ecuaţiilor lui Maxwell. Mi s-a părut de la început clar din punct de vedere intuitiv că, judecând de pe poziţia unui asemenea observator, totul ar trebui să se desfăşoare după aceleaşi legi ca şi pentru un observator aflat în repaus în raport cu pământul.

Căci cum ar putea primul observator să ştie, adică să constate, că este într-o stare de mişcare uniformă, rapidă?

Se poate vedea că în acest paradox este cuprins deja germenele teoriei speciale a relativităţii. Astăzi ştim, fireşte, că orice încercare de a explica în mod satisfăcător acest paradox era sortită eşecului atât timp cât axioma caracterului absolut al timpului, respectiv al simultaneităţii, era fixată în inconştientul nostru, fără a fi recunoscută ca atare. A recunoaşte în mod clar această axiomă şi caracterul ei arbitrar reprezintă, de fapt, deja rezolvarea problemei. Gândirea critică pe care o reclama descoperirea acestui punct central a fost, în cazul meu, stimulată în mod decisiv, în special de lectura lucrărilor filosofice ale lui David Hume şi Ernst Mach.24

Trebuia să ne clarificăm asupra a ceea ce înseamnă coordonatele spaţiale şi durata temporală ale unui eveniment în fizică. Interpretarea fizică a coordonatelor spaţiale presupunea un corp de referinţă rigid care, în

plus, trebuia să se afle într-o stare de mişcare mai mult sau mai puţin determinată

(sistem inerţial), în raport cu un sistem inerţial dat, coordonatele sunt rezultate ale unor măsurători determinate, făcute cu etaloane rigide (staţionare). (Trebuie să fim totdeauna conştienţi că presupunerea existenţei principiale a unor etaloane rigide este o supoziţie uşor de înţeles printr-o experienţă aproximativă, dar ea rămâne în esenţă arbitrară.) Pentru o asemenea interpretare a coordonatelor spaţiale, problema valabilităţii geometriei euclidiene devine o problemă fizică.

Dacă încercăm acum să interpretăm în mod asemănător timpul unui eveniment, avem nevoie de un mijloc de măsurare a intervalului temporal (un proces periodic, determinat în sine, realizat printr-un sistem de dimensiuni spaţiale suficient de mici). Un ceasornic aflat în repaus în raport cu sistemul inerţial defineşte un timp local. Timpurile locale ale tuturor punctelor spaţiale, luate împreună, reprezintă „timpul", care aparţine sistemului inerţial ales, dacă s-a mai dat şi un mijloc

183

pentru a „*regla*" aceste ceasornice unele în raport cu celelalte. Se vede că nu este câtuşi de puţin necesar *a priori* ca

„Timpurile" diferitelor sisteme inerţiale, definite în acest fel, să fie în concordantă unele cu celelalte. Acest lucru ar fi fost de mult observat, dacă pentru experienţa practică de toate zilele lumina nu ar fi apărut (datorită valorii înalte a lui c) ca mijloc pentru constatarea unei simultaneităţi absolute.

Presupoziţiile cu privire la existenţă (principială) a unor etaloane şi ceasornice (ideale, adică perfecte) nu sunt independente una faţă de cealaltă; căci un semnal luminos, care este reflectat înainte şi înapoi, de la un capăt la celălalt capăt al unui etalon rigid, reprezintă un ceasornic ideal, dacă admitem că presupoziţia cu privire la constanţa vitezei luminii în vid nu duce la contradicţii.

Paradoxul de mai sus poate fi formulat acum după

cum urmează. Potrivit regulilor de corelare a coordonatelor spaţiale şi a timpului evenimentelor în trecerea de la un sistem inerţial la altul, utilizate în fizica clasică, cele două presupuneri

1) constanţa vitezei luminii.

2) independenţa legilor (aşadar, în special, şi a legii constanţei vitezei luminii) de alegerea sistemului inerţial (principiul relativităţii speciale)

sunt incompatibile una cu cealaltă (deşi fiecare dintre ele, în mod separat, este sprijinită de experienţă).

Ideea care stă la temelia teoriei speciale a relativităţii este:

presupunerile 1) şi 2) sunt compatibile una cu alta dacă pentru recalcularea coordonatelor şi a timpurilor evenimentelor sunt adoptate relaţii de un tip nou („transformări Lorentz”).

În cazul interpretării fizice date a coordonatelor şi timpului, aceasta nu înseamnă un pas pur şi simplu convenţional, ci implică anumite ipoteze despre comportarea reală a etaloanelor în mişcare şi a ceasornicelor, care pot fi confirmate, respectiv infirmate, prin experiment.

Principiul general al teoriei speciale a relativităţii este cuprins în postulatul: legile fizicii sunt invariante în raport cu transformările Lorentz (pentru trecerea de la un sistem inerţial la oricare alt sistem inerţial). Acesta este un principiu restrictiv pentru legile naturii, comparabil cu principiul restrictiv de

spre inexistenta unui *perpetuum mobile*, ce stă la temelia termodinamicii.

Mai întâi, o observaţie cu privire la relaţia teoriei cu „spaţiul cvadridimensional”. Este o eroare răspândită că teoria specială a relativităţii ar fi descoperit oarecum sau ar fi introdus pentru prima dată caracterul cvadridimensional al continuului fizic. Fireşte, nu acesta este cazul. Continuul cvadridimensional al spaţiului şi timpului stă şi la temelia mecanicii clasice. Doar că în

continuul cvadridimensional al fizicii clasice „secţiunile de timp” cu valori constante au o realitate absolută, adică independentă de alegerea sistemului de referinţă. Datorită acestui fapt, continuul cvadridimensional se descompune în mod firesc într-un continuu tridimensional şi unul unidimensional (timpul), astfel încât punctul de vedere cvadridimensional nu se impune ca *necesar*. Teoria specială a relativităţii creează, dimpotrivă, o dependenţă formală între felul în care trebuie să fie introduse în legile naturii coordonatele spaţiale, pe de o parte, şi coordonata temporală, pe de altă parte.

Contribuţia importantă a lui Minkowski la dezvoltarea teoriei constă în următoarele: înaintea cercetărilor lui Minkowski, o lege trebuia să fie supusă unei transformări Lorentz pentru a se controla invarianta ei în raport cu asemenea transformări;

Minkowski a reuşit să introducă un asemenea formalism încât forma matematică a legii înseşi garantează invarianta ei în raport cu transformările Lorentz. Prin crearea unui calcul tensorial cvadridimensional pentru spaţiul cu patru dimensiuni el a realizat ceea ce realizează calculul vectorial obişnuit pentru cele trei dimensiuni spaţiale. El a arătat, de asemenea, că transformările Lorentz (făcând abstracţie de un semn algebric diferit, datorat caracterului special al timpului) nu sunt altceva decât o rotaţie a sistemului de coordonate în spaţiul cvadridimensional.

Mai întâi o observaţie critică cu privire la teorie, aşa cum este ea caracterizată mai sus. Atrage atenţia că teoria introduce două feluri de entităţi fizice (în afară de spaţiul cvadridimensional) şi anume 1) etaloane şi ceasornice, 2) tot felul de alte lucruri, de exemplu, câmpul electromagnetic, punctul material etc. Aceasta este, într-un anumit sens, o inconsecvenţă;

etaloanele şi ceasornicele ar fi trebuit, de fapt, să fie prezentate ca soluţii ale ecuaţiilor fundamentale (obiecte constând din configuraţii atomice în mişcare), nu ca

entităţi într-o anumită măsură independente din punct de vedere teoretic. Demersul se justifică totuşi fiindcă de la început a fost clar că postulatele teoriei nu au suficientă forţă pentru a permite derivarea unor ecuaţii suficient de complete pentru evenimente fizice suficient de nearbitrare, astfel încât, pe o asemenea bază, să se poată întemeia o teorie a etaloanelor şi a ceasornicelor. Dacă nu dorim să renunţăm la o interpretare fizică a coordonatelor (ceea ce în sine ar fi fost posibil), este mai bine să tolerăm o asemenea inconsecvenţă, bineînţeles cu obligaţia de a o elimina într-un stadiu ulterior al dezvoltării teoriei.

Nu trebuie însă să mergem atât de departe cu legitimarea păcatului amintit încât să ne închipuim că intervalele sunt entităţi fizice de un fel special, deosebit în esenţă de celelalte mărimi fizice („reducerea fizicii la geometrie” etc.). Ne întrebăm acum care sunt rezultatele cu caracter definitiv pe care fizica le datorează teoriei speciale a relativităţii.

1) Nu există simultaneitate a evenimentelor depărtate;

nu există, prin urmare, nicio acţiune nemijlocită la distanţă în sensul mecanicii newtoniene. Introducerea unor acţiuni la distanţă, care se propagă cu viteza luminii, rămâne ce-i drept posibilă după această teorie, ea apare însă ca nefirească; într-o asemenea teorie nu ar putea exista o expresie raţională pentru principiul energiei. Pare de aceea inevitabil ca realitatea fizică să trebuiască descrisă prin funcţii spaţiale continue. De aceea punctul material ar putea fi acceptat cu greu în calitate de concept fundamental al teoriei.

2) Principiile conservării impulsului şi conservării energiei se vor contopi într-un singur principiu. Masa inertă a unui sistem închis este identică cu energia lui, astfel că masa, în calitate de concept independent, este eliminată.

Observaţie. Viteza luminii *e* este una din mărimile care intervin în ecuaţiile fizice în calitate de „constantă universală”.

Dacă introducem însă, ca unitate de timp, în locul secundei, timpul în care lumina parcurge l cm, atunci *e* nu mai intervine în ecuaţii. Se poate spune, în acest sens, că constanta *e* este doar o constantă universală *aparentă*.

186

Este evident şi general acceptat că, prin aceasta, putem elimina din fizică încă două alte constante universale introducând în locul gramului şi centimetrului unităţi „naturale", alese în mod corespunzător (de exemplu, masa şi raza electronului).

Dacă considerăm acestea ca realizate, atunci în ecuaţiile fundamentale ale fizicii vor putea interveni numai constante „adimensionale". Legat de acestea, aş dori să formulez un principiu, care nu poate fi întemeiat provizoriu pe nimic altceva decât pe încrederea în simplitatea, respectiv în inteligibilitatea naturii: nu există asemenea constante *arbitrare*; aceasta înseamnă că natura este alcătuită în aşa fel încât e logic posibil să se formuleze legi atât de puternic determinate încât în ele să intervină numai constante pe deplin determinate din punct de vedere raţional (deci nu constante ale căror valori numerice pot fi schimbate fără a distruge teoria).25

Teoria specială a relativităţii îşi datorează apariţia ecuaţiilor lui Maxwell pentru câmpul electromagnetic. La rândul lor, acestea din urmă vor fi înţelese în mod satisfăcător din punct de vedere formal numai datorită teoriei speciale a relativităţii. Ecuaţiile lui Maxwell sunt cele mai simple ecuaţii de câmp invariante faţă de transformările Lorentz care pot fi formulate pentru un tensor antisimetric, derivat dintr-un câmp vectorial. Aceasta ar fi o situaţie în sine satisfăcătoare, dacă nu am şti din fenomenele cuantice că teoria lui Maxwell nu dă socoteală de proprietăţile energetice ale radiaţiei, în ce fel ar trebui însă modificată într-un mod natural teoria lui Maxwell, pentru aceasta teoria specială a relativităţii nu oferă un punct de plecare mulţumitor. Această teorie nu oferă răspuns nici la întrebarea formulată de Mach: „cum se întâmplă că sistemele inerţiale sunt distinse fizic în

raport cu celelalte sisteme de coordonate?”

Faptul că teoria specială a relativităţii nu constituie decât primul pas într-o dezvoltare necesară mi-a devenit pe deplin clar abia când m-am străduit să reprezint gravitaţia în cadrul acestei teorii, în mecanica clasică, interpretată în termeni de câmp, potenţialul gravitaţiei apare ca un câmp *scalar* (cea mai simplă posibilitate teoretică a unui câmp cu o singură componentă). O asemenea teorie scalară a câmpului gravitaţional

poate, mai întâi, să fie făcută cu uşurinţă invariantă în raport cu grupul transformărilor Lorentz. Următorul program apare, prin urmare, ca natural: câmpul fizic total constă dintr-un câmp scalar (gravitaţie) şi un câmp de vectori (câmp electromagnetic); consideraţii ulterioare pot eventual să facă necesară introducerea unor tipuri mai complicate de câmp, dar nu trebuie să ne batem capul de la început cu aceasta.

Posibilitatea realizării acestui program a fost însă din capul locului îndoielnică, fiindcă teoria trebuia să unifice următoarele lucruri:

1) Din consideraţiile generale ale teoriei speciale a relativităţii decurge clar că masa *inertă* a unui sistem fizic creşte odată cu energia totală (aşadar, de exemplu, cu energia cinetică).

2) Din experimente foarte precise (îndeosebi din experimente cu balanţa de torsiune Cotvos) se ştia empiric cu o foarte mare precizie că masa *grea* a unui corp este strict egală cu masa lui *inertă*.

Din 1) şi 2) rezultă că *greutatea* unui sistem depinde într-un fel cunoscut cu precizie de energia lui totală. Dacă teoria nu dădea acest rezultat, sau nu îl dădea într-un mod firesc, ea trebuia respinsă. Condiţia poate fi exprimată în modul cel mai natural astfel: acceleraţia de cădere a unui sistem într-un câmp gravitaţional dat este independentă de natura sistemului care cade (cu deosebire, aşadar, de energia lui internă).

A reieşit însă că în cadrul programului schiţat aceste

stări de lucruri elementare nu pot fi în general prezentate sau, în orice caz, nu pot fi prezentate într-un mod natural. M-am convins astfel că în teoria specială a relativităţii nu există loc pentru o teorie satisfăcătoare a gravitaţiei.

Atunci mi-a venit ideea: faptul egalităţii masei inerte şi grele, respectiv al independenţei acceleraţiei de cădere de natura substanţei care cade poate fi exprimat astfel: într-un câmp gravitaţional (de o extensiune spaţială mică) lucrurile se petrec la fel ca şi într-un spaţiu lipsit de gravitaţie, dacă introducem în acesta, în locul unui „sistem inerţial", un sistem de referinţă care este accelerat în raport cu un sistem inerţial.

188

Dacă concepem comportarea corpurilor în raport cu ultimul sistem de referinţă ca fiind condiţionată de un câmp gravitaţional „*real*" (nu numai aparent), atunci pe bună dreptate putem considera acest sistem de referinţă ca un „sistem inerţial" la fel ca şi sistemul de referinţă iniţial.

Dacă considerăm drept posibile câmpuri gravitaţionale cât de întinse, care nu sunt restrânse de la început de limite spaţiale, conceptul de sistem inerţial îşi pierde complet conţinutul, în acest caz, conceptul de „acceleraţie în raport cu spaţiul".

nu va mai avea nicio semnificaţie şi, odată cu el, nici principiul inerţiei împreună cu paradoxul lui Mach.

Astfel, faptul egalităţii masei inerte şi masei grele conduce absolut firesc la concepţia că cerinţa de bază a teoriei speciale a relativităţii (invarianta legilor faţă de transformările Lorentz) este prea îngustă, adică trebuie să se postuleze o invariantă a legilor şi în raport cu transformări *neliniare* ale coordonatelor în continuul cvadridimensional.

Aceasta s-a întâmplat în 1908. De ce mi-au mai trebuit încă şapte ani pentru formularea teoriei generale a relativităţii? Motivul principal rezidă în faptul că nu este aşa de uşor să te eliberezi de concepţia că coordonatelor trebuie să li se acorde o semnificaţie metrică nemijlocită.

Transformarea a avut loc aproximativ în felul următor.

Pornim de la un spaţiu gol, lipsit de câmp – raportat la un sistem de referinţă – în sensul teoriei speciale a relativităţii, aşa cum intervine el ca starea cea mai simplă din toate stările fizice ce pot fi gândite. Să ne imaginăm acum un sistem neinerţial, introdus astfel încât noul sistem să fie accelerat uniform într-o direcţie (definită adecvat) în raport cu sistemul inerţial (într-o descriere tridimensională); în raport cu acest sistem există un câmp gravitaţional static paralel. Sistem de referinţă poate fi ales astfel unul rigid, de tip euclidian, în relaţii metrice tridimensionale. Dar acel timp în care câmpul apare static *nu* este măsurat de ceasornice staţionare *alcătuite în acelaşi fel*. Din acest exemplu special ne dăm seama deja că semnificaţia nemijlocit metrică a coordonatelor se pierde, dacă admitem, în genere, transformările neliniare ale coordonatelor. *Trebuie* să facem însă aceasta dacă dorim să explicăm pe baza teoriei egalitatea masei grele şi

Inerte şi dacă voim să depăşim paradoxul lui Mach privitor la sistemele inerţiale.

Dacă trebuie să renunţăm însă să conferim coordonatelor o semnificaţie metrică nemijlocită (diferenţe de coordonate = lungimi măsurabile, respectiv timpi) vom fi obligaţi să tratăm ca echivalente toate sistemele de coordonate ce pot fi produse cu ajutorul transformărilor continue ale coordonatelor.

Teoria generală a relativităţii pleacă, prin urmare, de la principiul: legile naturii trebuie să fie exprimate prin ecuaţii care sunt covariante faţă de grupul transformărilor continue ale coordonatelor. Acest grup ia aşadar aici locul grupului transformărilor Lorentz al teoriei speciale a relativităţii, ultimul grup constituind un subgrup al primului.

Această cerinţă nu este în sine, fără îndoială, suficientă ca punct de plecare pentru o derivare a ecuaţiilor fundamentale ale fizicii, într-o primă instanţă se poate chiar contesta că această cerinţă, singură, conţine o

restricţie reală pentru legile fizice; căci va fi întotdeauna posibil ca o lege, postulată mai întâi numai pentru anumite sisteme de coordonate, să fie în aşa fel formulată încât noua formulare să devină, în ceea ce priveşte forma, general covariantă. În afară de aceasta, este de la început clar că pot fi formulate infinit de multe legi de câmp care posedă această proprietate de covariantă.

Semnificaţia euristică eminentă a principiului general al relativităţii constă însă în aceea că ne conduce spre căutarea acelor sisteme de ecuaţii, care sunt în formularea lor *general covariantă* cele *mai simple cu putinţă*; între acestea trebuie să căutăm ecuaţiile de câmp ale spaţiului fizic. Câmpurile care pot fi transformate unele în altele prin asemenea transformări descriu aceeaşi situaţie reală.

Întrebarea principală pentru acela care cercetează în acest domeniu este următoarea: de ce fel de tip matematic sunt variabilele (funcţii de coordonate) care permit exprimarea proprietăţilor fizice ale spaţiului (a „structurii" sale)? Şi abia după aceea: ce ecuaţii sunt satisfăcute de aceste variabile?

Astăzi nu suntem câtuşi de puţin în măsură să răspundem cu certitudine la aceste întrebări. Drumul ales în prima formulare a teoriei generale a relativităţii poate fi caracteri

zaţ după cum urmează: chiar dacă nu ştim prin ce fel de variabile (structură) ale câmpului trebuie să fie caracterizat spaţiul fizic, cunoaştem însă cu siguranţă un caz. special: cel al spaţiului „fără câmp" în teoria specială a relativităţii. Un asemenea spaţiu este caracterizat prin aceea că, pentru un sistem de coordonate ales în mod convenabil, expresia $ds2 = dxl + dx22 + dx23 – dxl$ (1)

aparţinând la două puncte învecinate, reprezintă o mărime măsurabilă (pătrat al distanţei), şi are aşadar o semnificaţie fizică reală. Cu referire la un sistem arbitrar, această mărime se exprimă astfel:

$de^* = gikdxtdxk$ (2)

unde indicii variază de la 1 la 4. Componentele

*g*formează un tensor simetric. Dacă, după efectuarea unei transformări asupra câmpului (1), derivatele de ordinul I ale componentelor lui *gik* în raport cu coordonatele nu se anulează, atunci există, în relaţie cu acest sistem de coordonate, un câmp gravitaţional în sensul consideraţiei de mai sus, şi anume un câmp gravitaţional de o natură cu torul specială. Datorită cercetărilor lui Riemann asupra spaţiilor metrice «-dimensionale, acest câmp special poate fi caracterizat ca invariant astfel:

1) Tensorul de curbură nemannian *Riklm*, construit cu coeficienţi ai metricii (2), se anulează.

2) Traiectoria unui punct material este în raport cu sistemul inerţial (faţă de care este valabil (1)) o linie dreaptă, deci o extremală (geodezică). Ultima este însă deja o caracterizare a legii mişcării ce se sprijină pe (2).

Legea *universală* a spaţiului fizic trebuie să fie acum o generalizare a legii pe care tocmai am caracterizat-o. Presupuneam deci că există două trepte de generalizare:

a) câmp gravitaţional pur, b) câmp general (în care survin şi mărimi ce corespund oarecum câmpului electromagnetic).

Cazul a) era caracterizat prin aceea că câmpul poate fi, ce-i drept, reprezentat întotdeauna printr-o metrică nemannianã (2), adică printr-un tensor simetric, pentru care nu există

Însă o reprezentare de forma (1) (cu excepţia regiunilor infinitezimale). Aceasta înseamnă că în cazul a) tensorul nemannian *nu* se anulează. Este însă clar că, în acest caz, trebuie să fie valabilă o lege de câmp care este o generalizare (slăbire)

a acestei legi. Dacă şi această lege trebuie să fie diferenţială de ordinul doi şi cu derivate de ordinul doi liniare, atunci numai ecuaţia care poate fi obţinută printr-o singură contracţie, este luată în considerare ca o ecuaţie a câmpului în cazul a). Pare de altfel firesc să se presupună că şi în cazul a) linia geodezică mai reprezintă legea mişcării punctului material.

Mi s-a părut atunci lipsit de orice perspectivă să îndrăznesc a încerca să reprezint câmpul total b) şi să stabilesc legi de câmp pentru acesta. Am preferat de aceea să propun un cadru formal provizoriu pentru o reprezentare a întregii realităţi fizice; acest lucru a fost necesar pentru a putea cerceta, cel puţin în mod provizoriu, utilitatea ideii de bază a relativităţii generale. Aceasta s-a petrecut în felul următor.

În teoria newtoniană, legea de câmp a gravitaţiei poate fi scrisă

Aep = O

((*p* = potenţial gravitaţional) pentru acele locuri unde densitatea materiei e nulă. În general s-ar putea scrie (ecuaţia lui Poisson) Aep = *4 nkp* (*p* = densitatea de masă), în cazul teoriei relativiste a câmpului gravitaţional, *Rik* în locul Aţ>. Atunci în partea dreaptă trebuie să punem în locul lui *p* un tensor.

Ştiind însă din teoria specială a relativităţii că masa (inertă)

este egală cu energia, va trebui să punem în partea dreaptă tensorul densităţii energiei, mai precis al densităţii energiei totale, în măsura în care ea nu aparţine câmpului gravitaţional pur. Se ajunge astfel la ecuaţiile câmpului

Cel de-al doilea membru din partea stângă este adăugat din motive formale; partea stângă este scrisă în aşa fel încât di

192

vergenţa lui să se anuleze în mod identic, în sensul calculului diferenţial absolut. Partea dreaptă este o concentrare formală a tuturor lucrurilor a căror înţelegere în sensul teoriei câmpului este încă problematică. Nu m-am îndoit, firește, niciun moment că această formulare este doar un expedient, pentru a da principiului general al relativităţii o formulare preliminară închisă. Ea nu era în esenţă *mai mult* decât o teorie a câmpului gravitaţional, izolat oarecum artificial de un câmp total de o structură încă necunoscută.26

Dacă în teoria schiţată există ceva care ar putea, eventual, să pretindă o semnificaţie definitivă – făcând abstracţie de cerinţa invariantei ecuaţiilor în raport cu grupul transformărilor continue ale coordonatelor – aceasta este teoria cazului limită al câmpului gravitaţional pur şi a relaţiei sale cu structura metrică a spaţiului. De aceea, în ceea ce urmează nemijlocit va fi vorba numai de ecuaţiile câmpului gravitaţional pur.

Particularitatea acestor ecuaţii stă, pe de o parte, în structura lor complicată, îndeosebi în caracterul lor neliniar în raport cu variabilele de câmp şi cu derivatele acestora, pe de altă parte, în necesitatea aproape constrângătoare cu care grupul de transformări determină această lege complicată a câmpului. Dacă ne-am fi oprit la teoria specială a relativităţii, adică la invarianta în raport cu grupul Lorentz, atunci şi în cadrul acestui grup mai restrâns legea de câmp $Rik = O$ ar fi fost invariantă. Dar din punctul de vedere al grupului mai restrâns nu ar fi existat, la început, niciun motiv pentru ca gravitaţia să trebuiască să fie reprezentată printr-o structură atât de complicată ca aceea reprezentată de tensorul simetric *gki*. Dacă însă am găsi raţiuni suficiente pentru aceasta, atunci ar exista un număr imens de legi de câmp pornind de la mărimile *gki* care sunt toate covariante în raport cu transformările Lorentz (nu însă şi în raport cu grupul general).

Chiar dacă din toate legile ce pot fi gândite ca Lorentz-invariante, am fi ghicit întâmplător tocmai legea care aparţine grupului celui mai larg, nu ne-am afla încă pe treapta de cunoaştere atinsă prin principiul general al relativităţii. Căci din punctul de vedere al grupului Lorentz două soluţii ar fi considerate, în mod fals, ca fizic deosebite una de cealaltă.

dacă ar putea fi transformate una în alta printr-o transformare neliniară a coordonatelor, adică dacă ele sunt, din punctul de vedere al grupului mai larg, doar reprezentări diferite ale aceluiaşi câmp.

Încă o observaţie generală despre structura de câmp şi despre grup. Este clar că, în genere, o teorie va fi apreciată ca fiind cu atât mai desăvârşită cu cât „structura” care îi stă la bază va fi mai simplă şi cu cât va fi mai cuprinzător grupul în raport cu care sunt invariante ecuaţiile de câmp.

Se vede acum că aceste două cerinţe stau una în calea celeilalte. Potrivit teoriei speciale a relativităţii (grupul Lorentz)

putem, de exemplu, stabili o lege covariantă pentru cea mai simplă structură ce poate fi gândită (un câmp scalar), în timp ce în teoria generală a relativităţii (grupul mai larg al transformărilor continue de coordonate) există o lege invariantă a câmpului doar pentru structura mai complicată a tensorului simetric. Am indicat deja temeiuri/zzzce pentru faptul că în fizică trebuie să fie cerută invarianta faţă de grupuri mai largi*; din punct de vedere pur matematic nu văd nicio constrângere pentru a sacrifica structura mai simplă în favoarea generalităţii grupului.

Grupul relativităţii generale cere pentru prima dată ca legea invariantă cea mai simplă să nu fie liniară şi omogenă faţă de variabilele de câmp şi de derivatele acestora. Aceasta are o importanţă fundamentală din următorul motiv. Dacă legea câmpului este liniară (şi omogenă), arunci suma a doua soluţii este de asemenea o soluţie; aşa este, de exemplu, în cazul ecuaţiilor *de* câmp ale lui Maxwell pentru spaţiul gol.

Într-o asemenea teorie nu se poate deduce numai în ecuaţiile de câmp o interacţiune între corpuri care să poată fi reprezentată în mod separat prin soluţii ale sistemului. De aceea toate teoriile de până acum au cerut, pe lângă ecuaţii de câmp, ecuaţii speciale pentru mişcarea corpurilor materiale sub influenţa câmpurilor, în teoria relativistă a gravitaţiei s-a pos

— Este o inconsecvenţă naivă să se rămână la grupul mai restrâns şi să se pună, în acelaşi timp, la bază structura mai complicată a teoriei generale a relativităţii.

Păcatul rămâne păcat chiar dacă este săvârşit de oameni altminteri respectabili.

194

tulat iniţial, ce-i drept, în mod independent, alături de ecuaţiile legii de câmp, legea mişcării (linia geodezică). Ulterior, s-a dovedit că legea mişcării nu trebuie să fie (şi nu are voie să fie) acceptată în mod independent, ci este cuprinsă implicit în legea câmpului gravitaţional.

Esenţa acestei situaţii în sine complicate poate fi reprezentată intuitiv după cum urmează. Un punct material singular în repaus va fi reprezentat printr-un câmp gravitaţional care este finit şi regulat peste tot, în afară de locul în care este situat punctul material; acolo câmpul are o singularitate. Dacă, pe baza integrării ecuaţiilor câmpului», calculăm câmpul aparţinând la două puncte materiale în repaus, acesta are, în afara singularităţilor din locurile în care sunt situate punctele materiale, o linie constând din puncte singulare care leagă cele două puncte. Putem însă stipula o mişcare a punctelor materiale în aşa fel încât câmpul gravitaţional determinat de ea să nu aibă singularităţi nicăieri în afara punctelor materiale. Tocmai acestea sunt mişcările descrise într-o primă aproximaţie de legile lui Newton. Se poate, aşadar, spune: masele se mişcă astfel încât ecuaţiile de câmp nu determină nicăieri în spaţiu singularităţi ale câmpului, în afara punctelor de masă. Această însuşire a ecuaţiilor gravitaţionale este nemijlocit legată de neliniaritatea lor, care, la rândul ei, este determinată de grupul mai larg de transformări.

S-ar putea formula, firește, obiecţia: dacă singularităţile sunt admise în locurile în care sunt situate punctele materiale, ce îndreptăţire există atunci pentru a interzice apariţia singularităţilor în restul spaţiului? Această obiecţie ar fi justificată dacă ecuaţiile gravitaţiei ar fi considerate ca ecuaţii ale câmpului total. Dar, cum lucrurile nă stau aşa, va trebui să spunem că câmpul unei particule materiale va putea fi privit cu atât mai puţin drept *câmp gravitaţional pur* cu cât ne apropiem mai mult

de locul în care este situată particula. Dacă am avea ecuaţiile de câmp pentru câmpul total, ar trebui să cerem ca particulele însele să poată fi reprezentate *pretutindeni* ca soluţii fără singularităţi ale ecuaţiilor complete de câmp. Numai atunci teoria generală a relativităţii ar deveni o teorie *completă*.

195

Înainte de a aborda problema desăvârşirii teoriei generale a relativităţii, trebuie să iau poziţie faţă de teoria cu cele mai mari succese dintre teoriile fizice ale vremii noastre, teoria statistică, a cuantelor, care, aproximativ cu 25 de ani în urmă, a luat o formă logică consistentă (Schrödinger, Heisenberg, Dirac, Born). Este singura teorie contemporană care permite înţelegerea unitară a experienţelor vizând caracterul cuantic al fenomenelor micromecanice. Într-un anumit sens, această teorie, pe de o parte, şi teoria relativităţii, pe de altă parte, sunt considerate ambele corecte, deşi, în ciuda tuturor străduaniilor de până acum, încercările de a le contopi au eşuat.

Acesta este probabil motivul pentru care printre fizicienii teoreticieni ai prezentului există păreri cu totul diferite cu privire la felul în care va arăta fundamentul teoretic al fizicii viitorului. Va fi o teorie a câmpului sau o teorie în esenţă statistică? 27 Voi spune pe scurt ce cred despre aceasta.

Fizica este o străduanie de a cuprinde conceptual o existenţă gândită ca ceva independent de faptul de a fi observat, în acest sens se vorbeşte de „realitate fizică”, în fizica precuantică nu exista nicio îndoială cu privire la felul cum trebuie să fie înţeles acest lucru, în teoria lui Newton realitatea era reprezentată de puncte materiale an spaţiu şi timp, în teoria lui Maxwell printr-un câmp în spaţiu şi timp. În mecanica cuantică situaţia este mai puţin transparentă. Dacă ne întrebăm: reprezintă o funcţie a teoriei cuantice o stare reală în acelaşi sens ca şi un sistem de puncte materiale sau un câmp electromagnetic, ezităm să răspundem printr-un simplu „da”.

sau „nu”. De ce? Funcţia v/ (într-un anumit moment al timpului) enunţă care este probabilitatea de a găsi o anumită mărime fizică *q* (sau *p*) într-un interval dat, dacă o măsurăm la timpul *i*. Probabilitatea trebuie să fie considerată aici drept ceva ce poate fi stabilit empiric, deci ca o mărime „reală” certă, pe care pot să o determin dacă produc foarte des aceeaşi funcţie \/ şi realizez de fiecare dată o măsurătoare *q*. Cum stau însă lucrurile cu valoarea măsurată a lui *q* în fiecare caz în parte? Are sistemul individual respectiv această valoare *q* încă înainte de măsurare? La această întrebare nu există un răspuns determinat în cadrele teoriei deoarece măsurătoarea este un proces care reprezintă o intervenţie

196

exterioară finită asupra sistemului; s-ar putea de aceea considera că sistemul primeşte o anumită valoare numerică pentru *e*\ (respectiv *p*), adică valoarea măsurată, abia prin măsurătoare. Pentru continuarea discuţiei îmi imaginez doi fizicieni.

A şi B, care susţin concepţii diferite cu privire la situaţia reală descrisă prin funcţia \/.28

A. Sistemul individual are (înainte de măsurătoare) o anumită valoare a lui *q* (respectiv *p*), pentru toate variabilele sistemului, şi anume *acea* valoare care este stabilită prin măsurarea acestor variabile. Pornind de la această concepţie, el va declara: funcţia \/ nu reprezintă o descriere completă a stării reale a sistemului, ci o descriere incompletă;

ea exprimă numai ceea ce ştim despre sistem pe baza măsurătorilor anterioare.

B. Sistemul individual nu are (înaintea măsurătorii) o valoare determinată a lui *e*\ (respectiv *p*). Valoarea măsurată ia naştere cu concursul probabilităţii specifice care îi este acordată, în virtutea funcţiei y, abia prin actul măsurării. Pornind de la această concepţie, el va declara (sau, cel puţin, va putea să declare): funcţia \j/ este o descriere completă a stării reale a sistemului.

Să prezentăm acum acestor doi fizicieni următorul

caz.

Fie un sistem care, în momentul în care îl examinăm, constă din două sisteme parţiale să şi S2, despărţite în spaţiu în acest moment (în sensul fizicii clasice), între care nu există o interacţiune considerabilă. Sistemul total este descris complet, în sensul mecanicii cuantice, printr-o funcţie \/ cunoscută, \/12. Toţi teoreticienii cuantelor sunt de acord asupra următoarelor: dacă realizez o măsurătoare completă a lui

Să primesc din rezultatul măsurătorii şi din \/12 o funcţie \/

pe deplin determinată, funcţia \/2 a sistemului S2. Caracterul lui \/2 depinde de *cefei de* măsurătoare realizezi asupra sistemului S: „Mie mi se pare însă că putem vorbi de starea de fapt reală a sistemului parţial S2. Despre această stare de fapt reală ştim din capul locului, înaintea măsurătorii lui *Slf* încă mai puţin decât ştim despre un sistem descris de funcţia y. O presupunere trebuie însă, după părerea mea, în orice caz reţinută: starea de fapt reală a sistemului S2 este independentă de ceea ce se întâmplă cu sistemul Str separat în spaţiu

197

de acesta.29 După felul măsurătorii pe care o întreprind asupra lui şi obţin însă un alt fel de v/2 pentru al doilea sistem parţial: (\/2/ \/2...). Starea reală a lui S2 trebuie însă să fie independentă de ceea ce se întâmplă cu şi. Pentru aceeaşi stare reală a lui S2 pot fi găsite (în funcţie de alegerea măsurătorii ce se face asupra lui şi) diferite funcţii y. (Putem evita această concluzie numai dacă presupunem fie că măsurătoarea lui şi modifică [pe cale telepatică] starea reală a lui S2, fie contestând că lucrurile, care sunt despărţite în spaţiu unele în raport cu celelalte, posedă stări reale independente. Ambele supoziţii mi se par cu totul inacceptabile.)

Dacă fizicienii A şi B acceptă aceste consideraţii ca întemeiate, atunci B va trebui să renunţe la punctul său de vedere că funcţia y este o descriere completă a unei stări reale de fapt. Căci în acest caz ar fi imposibil ca aceleiaşi

stări de fapt (a lui S2) să-i putem atribui două funcţii *y* diferite.

Dacă aşa stau lucrurile, caracterul statistic al teoriei contemporane ar fi o consecinţă necesară a naturii incomplete a descrierii sistemelor în mecanica cuantică, iar presupunerea că o bază viitoare a fizicii ar trebui să fie fundamentată pe statistică30 nu ar avea niciun temei.

Părerea mea este că teoria cuantică contemporană, utilizând unele concepte ce sunt luate în esenţă din mecanica clasică, constituie o formulare optimă a corelaţiilor. Cred însă că această teorie nu oferă un punct de plecare util pentru dezvoltarea viitoare. Acesta este punctul în care aşteptările mele se deosebesc de cele ale celor mai mulţi fizicieni contemporani. Ei sunt convinşi că trăsăturile esenţiale ale fenomenelor cuantice (schimbări aparent discontinue şi nedeterminate temporal ale stării unui sistem, însuşiri în acelaşi timp corpusculare şi ondulatorii ale entităţilor energetice elementare) nu pot fi explicate de o teorie ce descrie starea reală a lucrurilor prin funcţii continue ale spaţiului pentru care sunt valabile ecuaţii diferenţiale. Ei îşi închipuie, de asemenea, că pe această cale nu va putea fi înţeleasă structura atomică a substanţei şi a radiaţiei. Ei se aşteaptă ca sistemele de ecuaţii diferenţiale care ar fi luate în considerare într-o asemenea teorie să nu aibă în general soluţii care să fie peste tot regulate (lipsite de singularităţi) în spaţiul cvadridimen

sional. Înainte de toate, ei cred însă că natura aparent discontinuă a evenimentelor elementare nu poate fi descrisă decât cu ajutorul unei teorii în esenţă statistice, în care se dă socoteală de schimbările discontinue ale sistemelor prin schimbări *continue* ale probabilităţii stărilor posibile.

Toate aceste consideraţii mi se par destul de impresionante, întrebarea cu adevărat importantă îmi pare însă a fi aceasta: ce se poate încerca, cu anumite şanse de succes, în situaţia actuală a teoriei? în această privinţă,

experienţele legate de teoria gravitaţiei sunt cele care determină orientarea aşteptărilor mele. Aceste ecuaţii au, după părerea mea, mai multe perspective să enunţe ceva *precis* decât toate celelalte ecuaţii ale fizicii. Să luăm, de exemplu, ca termen de comparaţie ecuaţiile lui Maxwell pentru spaţiul gol. Acestea sunt formule în acord cu experienţele în cazul unor câmpuri electromagnetice infinit de slabe. Această origine empirică condiţionează deja forma lor liniară; s-a subliniat însă mai înainte că legile adevărate nu pot fi liniare. Asemenea legi satisfac principiul superpoziţiei pentru soluţiile lor, dar nu conţin enunţuri despre interacţiunile corpurilor elementare. Legile adevărate nu pot fi liniare şi nici nu pot fi derivate din asemenea legi.

Din teoria gravitaţiei am mai învăţat însă şi altceva: nici chiar o colecţie oricât de cuprinzătoare de fapte empirice nu poate conduce la formularea unor ecuaţii atât de complicate.

O teorie poate fi testată de experienţă, dar nu există o cale de la experienţă la formularea teoriei. Ecuaţii de o asemenea complexitate ca ecuaţiile câmpului gravitaţional pot fi găsite numai prin descoperirea unor condiţii matematice simple din punct de vedere logic, care determină ecuaţiile în mod complet sau aproape complet. Odată ce avem aceste condiţii formale suficient de puternice, ne sunt necesare doar puţine cunoştinţe despre fapte pentru formularea teoriei; în cazul ecuaţiilor gravitaţionale, acestea sunt cvadridimensionalitatea şi tensorul simetric, ca expresie pentru structura spaţiului, care, împreună cu invarianta în raport cu grupul transformărilor continue, determină practic în mod complet ecuaţiile.

Sarcina noastră este de a găsi ecuaţiile câmpului pentru câmpul total. Structura căutată trebuie să fie o generalizare

a tensorului simetric. Grupul nu trebuie să fie mai restrâns decât cel al transformărilor continue ale

coordonatelor. Dacă introducem o structură mai bogată, atunci grupul nu va mai determina atât de puternic ecuaţiile ca în cazul în care structura este reprezentată de tensorul simetric. De aceea, cel mai frumos ar fi dacă am reuşi să extindem încă o dată grupul, în analogie cu pasul care a condus de la relativitatea restrânsă la relativitatea generală. Am încercat, mai precis, să utilizez grupul transformărilor complexe ale coordonatelor. Toate strădaniile de acest fel au fost lipsite de succes. Am renunţat de asemenea la o creştere declarată sau camuflată a numărului dimensiunilor spaţiului, o încercare ce a fost întreprinsă pentru prima dată de Kaluza şi care, în varianta proiectivă, mai are şi astăzi adepţii ei. Ne-am limitat la spaţiul cvadridimensional şi la grupul transformărilor continue reale ale coordonatelor. După mulţi ani de căutări zadarnice, socotesc soluţia care va fi schiţată în cele ce urmează ca cea mai satisfăcătoare din punct de vedere logic.

În locul tensorului simetric *gik* (*gjk* = *gkt*) este introdus tensorul nesimetric *gik*. Această mărime este constituită dintr-o parte simetrică *sik* şi dintr-o parte antisimetrică reală sau pur imaginară *aik*:

Din punctul de vedere al grupului, această combinaţie a lui *'s* şi-a este considerată arbitrară deoarece tensorii's şi *a* au, fiecare izolat, caracterul de tensor. Se dovedeşte însă că aceşti *gik* (consideraţi ca întreg) joacă în construcţia noii teorii un rol analog cu cel al *gik-urilor* simetrici în teoria câmpului gravitaţional pur.

Această generalizare a structurii spaţiului pare naturală şi din punctul de vedere al cunoaşterii noastre fizice deoarece ştim că câmpul electromagnetic implică un tensor antisimetric.

Pentru teoria gravitaţiei este, în afară de aceasta, esenţial ca din tensorul simetric *gik* să poată fi formată densitatea scalară J *gik*, ca şi tensorul contravariant *gik*, potrivit definiţiei:

gikgil =

tensorul lui Kronecker).

Aceste structuri pot fi definite exact în acelaşi fel pentru tensorul nesimetric *gik*, şi pentru densităţi tensoriale.

În teoria gravitaţiei este, în afară de aceasta, esenţial ca pentru un câmp simetric *datgik* să poată fi definit un câmp I\care este simetric în indicii inferiori şi care, considerat geometric, guvernează deplasarea paralelă a unui vector, în mod analog, pentru tensorii nesimetrici *gik*, poate fi definit un câmp nesimetric F. după formula

9 ik, i

(A)

care este în acord cu relaţia respectivă a simetricului *g*, cu precizarea că aici este necesar, desigur, să acordăm atenţie poziţiei indicilor inferiori în *g* şi F.

Ca şi în teoria tensorilor simetrici *gik*, din F se poate forma o curbură RL". Şi din aceasta o curbură contractată R".

Kim ki

În sfârşit, prin aplicarea unui principiu de variaţie, împreună cu (a), putem găsi ecuaţii ale câmpului comparabile:

R – O (*C*)

Îşi & u v-i/

] + *R* – Q (C)

Aici fiecare din cele două ecuaţii (Bj), (B2) este o consecinţă a celeilalte, dacă (a) este satisfăcută. *Rkl* înseamnă partea simetrică, *Rkl* partea antisimetrică a lui *Rkl*.

În cazul anulării părţii antisimetrice a lui *gik*, aceste formule se reduc la A) şi Q) – cazul câmpului gravitaţional pur.

Cred că aceste ecuaţii reprezintă cea mai naturală generalizare a ecuaţiilor gravitaţiei. Verificarea utilităţii lor fizice este

— Teoria propusă aici are, după părerea mea, o probabilitate destul de mare de a fi confirmată, în cazul în care calea unei descrieri complete a realităţii fizice pe

baza continuului se va dovedi, în genere, practicabilă.

201

O sarcină deosebit de grea, fiindcă nu poate fi realizată prin aproximaţii, întrebarea este: care sunt soluţiile fără singularităţi ale acestor ecuaţii pentru întreg spaţiul?

Această expunere şi-a atins scopul dacă îi arată cititorului cum se înlănţuie strădaniile unei vieţi şi de ce au dus ele la un anumit fel de aşteptări.31

NOTE

1. Cititorul este astfel prevenit că atât dezvoltarea gândirii fizice, cât şi strădaniile ştiinţifice ale autorului sunt înfăţişate aici în lumina unui ideal de cunoaştere care s-a constituit în timp şi a primit contururi clare abia după ce cea mai activă şi creatoare epocă a activităţii sale ştiinţifice rămăsese deja în urmă.

2. Exprimări ca „lume mare, care este independentă de noi oamenii" sau „lume extrapersonală" nu sunt simple întorsături stilistice. Este vorba de sublinierea distanţării autorului fată de un mod foarte răspândit de a gândi ţelul activităţii ştiinţifice: căutarea unor instrumente cât mai comode şi convenabile de organizare şi manipulare a experienţelor noastre. Apropierea pe calea gândirii ştiinţifice de structuri în care se exprimă cu putere armonia şi raţionalitatea universului devine cu putinţă numai prin eforturi mereu reînnoite *de a* adapta modul nostru de a gândi unei lumi „care este independentă de noi".

3. Aici apare un motiv fundamental al concepţiei lui Einstein asupra naturii gândirii conceptuale. Toate noţiunile, fie ele comune, fie ştiinţifice, nu sunt derivate într-un fel sau altul din impresiile senzoriale, ci postulate în mod liber. Ele nu se justifică prin derivarea din ceva ce ne este dat nemijlocit, ci prin utilitatea lor, prin capacitatea de a corela şi sistematiza o mare diversitate *de* date ale experienţei, de a anticipa noi experienţe. Despre raportul unui sistem *de* concepte cu realitatea suntem îndreptăţiţi să afirmăm ceva doar indirect, considerând

capacitatea comparativă a enunţurilor şi teoriilor, formulate în termenii acestor concepte, de a coordona şi anticipa un domeniu tot mai larg şi o varietate tot mai mare de experienţe.

4. Schimbarea conceptelor, introducerea unor concepte noi, îşi are sursa în străduinţele de a obţine o coordonare tot mai eficientă a experienţelor noastre, de a lărgi sfera experienţelor şi de a asigura cuprinderea prin concepte a unor noi experienţe şi corelarea lor cu experienţe deja familiare.

202

5. În „gândirea primară", în primul rând la nivelul cunoaşterii comune, puţin elaborate, nu există o distincţie clară între elementele de ordin raţional şi empiric. Un enunţ elementar al geometriei ne apare intuitiv ca evident şi necesar şi, în acelaşi timp, valabil în lumea experienţei. Putem înţelege astfel cum a ajuns Kant să considere asemenea enunţuri drept sintetice *a priori*.

6. Pentru o mai bună clarificare a sensului acestei concluzii, vezi şi articolul *Geometrie şi experienţă*.

7. Aceasta este o mărturie importantă. Toate pronunţările lui Einstein cu privire la cunoaştere în genere, cu privire la natura şi ţelurile teoriei fizice datează dintr-o perioadă relativ mai târzie. Atât corespondenţa, cât şi mărturiile unor oameni apropiaţi sprijină presupunerea că în „anii mai tineri" Einstein s-a simţit apropiat de filosofii ale cunoaşterii dominate de motive empiriste, cum sunt cele ale lui Hume şi Mach. O evoluţie notabilă spre un punct de vedere raţionalist asupra naturii cunoaşterii fizice a avut loc, se pare sub influenţa determinantă a experienţei pe care a constituit-o elaborarea teoriei generale a relativităţii. Einstein s-a îndepărtat astfel tot mai mult de epistemologia lui Mach şi s-a apropiat de punctul de vedere filosofic realist al lui Planck. Semnificativă din acest punct de vedere este schimbarea aprecierii pe care o dă Einstein poziţiilor ce se înfruntă în controversa dintre Mach şi Planck. Pentru dezvoltări, vezi articolul lui G. Holton, *Unde este realitatea*? *Răspunsurile*

lui Einstein, şi postfaţa, *Idealul cunoaşterii şi idealul umanist la Albert Einstein*.

8. Elementele gândirii conceptuale reprezintă cunoştinţe despre realitate în măsura în care îşi probează capacitatea de a coordona eficient şi de a anticipa în mod sistematic experienţele noastre. Ele vor fi considerate cu atât mai „adevărate" cu cât capacitatea lor de a realiza prestaţii de acest fel este mai mare în raport cu cea a altor sisteme de concepte. Relaţia dintre elementele gândirii conceptuale şi trăirile senzoriale, crede Einstein, poate fi caracterizată doar negativ; această relaţie nu este una logică. Termenul *intuitiv* este utilizat aici în acest sens negativ pentru a desemna o corelaţie care nu are un caracter logic.

9. Aici este semnalat un element central al reprezentării generale a autorului despre cunoaşterea omenească. Raportul dintre concepte şi enunţuri cu caracter general, pe de o parte, şi realitatea concretă, pe de altă parte, este mijlocit de datele senzoriale. Relaţia conceptelor şi enunţurilor cu datele senzoriale este caracterizată drept o relaţie intuitivă de *corespondenţă* sau de *coordonare*.

10. Superioritatea unui sistem de concepte în raport cu altul stă în capacitatea lui de a coordona şi anticipa sistematic un domeniu

cât mai larg de experienţe pe baza unui număr cât mai mic de concepte de bază. Einstein utilizează expresia „simplitate logică" pentru a determina acest atribut al teoriilor fizice, ca sisteme conceptuale.

11. Einstein respinge, aşadar, cel puţin în principiu, concepţia că ar exista noţiuni ce prescriu condiţii necesare ale oricărei cunoaşteri, ale oricărei experienţe posibile şi care sunt în acest sens *a priori*, în înfruntarea istorică dintre empirism şi apriorismul radical el se situează, cum se vede, pe poziţiile empirismului.

12. Într-adevăr, primele mari realizări ştiinţifice ale

lui Einstein, inclusiv teoria restrânsă a relativităţii, nu au cerut cunoştinţe matematice deosebite. Einstein a trebuit să-şi însuşească instrumente matematice mai complexe abia în perioada elaborării teoriei generale a relativităţii, începând din acest moment, el a fost silit să ceară ajutorul matematicienilor, fiind asistat la Fraga (1911 – 1912) de G. Pick şi la Zürich (1912 – 1914) de M. Grossmann. Mai târziu, la Berlin şi la Princeton, Einstein a avut permanent, ca asistenţi, tineri matematicieni.

13. Prietenul la care se referă aici Einstein este M. Grossmann.

Coleg de studii al lui Einstein, Marcel Grossmann (1878 – 1936) a devenit profesor de geometrie descriptivă la Institutul Politehnic din Zürich. Grossmann l-a ajutat pe Einstein în elaborarea aparatului matematic al teoriei generale a relativităţii, atunci când acesta din urmă s-a întors de la Praga la Zürich în 1912. Se ştie că tatăl lui M. Grossmann l-a sprijinit pe Einstein în obţinerea unei slujbe la Biroul Federal de Patente din Berna în 1902. Einstein îl socotea pe Grossmann „un prieten foarte drag”.

14. Este o caracterizare succintă şi sugestivă a concepţiei potrivit căreia mecanica punctelor materiale constituie baza întregii fizici, o concepţie care a fost general împărtăşită până la dezvoltarea fizicii câmpului prin opera lui Faraday şi Maxwell. Pentru caracterizarea acestei concepţii vezi şi textele *Fizica şi realitatea* şi *Fundamentele fizicii teoretice*.

15. Aceasta este o exprimare concisă, dar clară a atitudinii ambivalenţe a lui Einstein faţă de ideile lui Mach, o atitudine care s-a conturat abia după elaborarea teoriei generale a relativităţii. Pe de o parte, critica fundamentelor mecanicii de pe poziţii empiriste a avut un rol important în elaborarea teoriei restrânse şi generale a relativităţii. Pe de altă parte, orientarea pe care o dădea empirismul lui

Mach cercetării fizice era în contradicţie flagrantă cu concepţia lui

Einstein despre ţelul ştiinţei, cu crezul său filosofic.

Pentru dezvoltări vezi şi articolul *Ernst Mach* şi notele la acest text, nota (2) la

Principiile cercetării şi pasajul la care se referă această notă, precum şi postfaţa *Idealul cunoaştem şi idealul umanist la Albert Einstein*.

204

16. „Perfecţiunea internă" a unei teorii fizice nu se limitează, prin urmare, la simplitatea ei logică. O teorie este superioară alteia din acest punct de vedere, dacă ecuaţiile ei introduc mai multe restricţii cu privire la caracteristicile de ordin formal ale structurilor pe care le descriu, dacă cerinţele de simetrie şi invariantă pe care le satisfac aceste ecuaţii sunt mai cuprinzătoare, în acest fel, teoria restrânge tot mai mult domeniul posibilităţilor. Analizele ce urmează conturează mai bine această idee. Vezi şi *Despre metoda fizicii teoretice*, îndeosebi pasajul la care se referă nota (6). Pentru o discuţie mai largă a concepţiei lui Einstein despre „perfecţiunea internă" ca atribut al teoriilor fizice, vezi şi *Idealul cunoaşterii şi idealul umanist la Albert Einstein*.

17. Einstein caracterizează mai jos „dualismul" în fundamentele fizicii prin aceea că punctul material newtonian şi câmpul continuu sunt utilizate drept concepte elementare, ireductibile unul la celălalt. O analiză mai aprofundată a situaţiei fizicii teoretic» din acest punct de vedere, a ceea ce Einstein numea „o criză în ceea ce priveşte principiile fundamentale" (vezi, de exemplu, scrisoarea către

M. Besso din 29 iulie 1953), poate fi găsită în articolele *Fizica şi realitatea* şi *Fundamentele fizicii teoretice*.

18. Pentru o referire la acest experiment, vezi şi *Ernst Mach* şi nota (6) la acest text.

19. Este caracteristic pentru modul de a gândi al lui Einstein că el apreciază progresul pe care îl reprezintă introducerea unei noi teorii fizice, de exemplu teoria relativităţii în raport cu teoria newtoniană a mişcării, nu în primul rând în sensul că noua teorie explică fapte ce nu

pot fi explicate de cea veche, ci ţinând seama de împrejurarea că noua teorie face posibilă „o înţelegere mai profundă a conexiunilor”. Vezi în această privinţă şi *Observaţii asupra articol*elor *reunite în acest volum*, nota (8) şi pasajul la care se referă această notă.

20. Pentru dezvoltarea acestei idei, vezi distincţia dintre *teorii de principii* şi *teorii constructive*, precum şi consideraţiile lui Einstein asupra excelenţei teoriilor de principii formulate în textul

Ce este teoria relativităţii?

21. Einstein descrie aici în amănunt ceea ce teoreticienii numesc

„O criză în fundamentele unei discipline”, precum şi starea de spirit în care se află cercetătorul care trăieşte o asemenea stare de criză. Sugestia lui Einstein este că situaţiile de acest fel supun intuiţia şi capacitatea de orientare a cercetătorului celei mai grele probe.

22. Acest pasaj indică clar că una din temele epistemologice preferate ale lui Einstein – conceptele (şi teoriile formulate în termenii

205

acestor concepte) sunt create în mod liber de gândirea cercetătorului şi nu pur şi simplu derivate din datele experienţei – este îndreptată împotriva concepţiei empiriste, pozitiviste asupra cunoaşterii ştiinţifice. Propria experienţă de cercetare i-a arătat lui Einstein că există o legătură strânsă între comportarea cercetătorului creator şi reprezentările lui filosofice mai mult sau mai puţin elaborate asupra naturii cunoaşterii ştiinţifice. Controversa asupra ipotezei atomiste în fizică ce a avut loc la sfârşitul secolului trecut relevă rolul pe care îl pot avea asemenea reprezentări filosofice în determinarea unor opţiuni ştiinţifice fundamentale.

23. Einstein explică aici prin experienţele pe care le-a făcut la începuturile carierei sale ştiinţifice o particularitate importantă a activităţii sale ca fizician teoretician, şi anume, preferinţa sa pentru teorii de principii, în această privinţă termodinamica clasică i-a

servit ca model şi sursă de inspiraţie. Comparaţia ce urmează mai jos între principiul general al teoriei restrânse (speciale) a relativităţii, ca principiu restrictiv, şi principiul inexistenţei unui *perpetuum mobile*, ce stă la baza termodinamicii clasice, clarifică mai bine afirmaţiile din acest pasaj.

24. Einstein crede că, din punct de vedere conceptual, momentul hotărâtor în procesul elaborării teoriei restrânse a relativităţii l-a constituit distanţarea de concepţia newtoniană a spaţiului şi timpului absolut. De aceea, contactul cu filosofia empiristă a cunoaşterii, aşa cum a fost ea dezvoltată în lucrările lui Hume şi Mach, a putut avea pentru el o considerabilă valoare euristică în măsura în care a favorizat o asemenea distanţare. Nu există, prin urmare, nicio contradicţie între invocarea repetată a acestei influenţe şi recunoaşterea caracterului ei binefăcător, pe de o parte, şi respingerea în principiu a concepţiei empiriste asupra cunoaşterii fizice, pe de altă parte. Atât o poziţie, cât şi cealaltă sunt exprimate cu destulă claritate în scrierile şi corespondenţa lui Einstein din ultima perioadă a vieţii sale.

25. Aici este formulată explicit convingerea metafizică pe care se întemeiază încrederea lui Einstein că numai teoriile ce satisfac într-o anumită măsură cerinţele „perfecţiunii interne” pot fi acceptate drept teorii fundamentale în fizică şi se încearcă definirea sub un anumit aspect a „perfecţiunii interne” drept criteriu de excelenţă al teoriilor fizice. Vezi şi nota (16) şi pasajul la care se referă această notă.

26. Aceasta este o mărturie importantă în sensul că Einstein a născuit încă în această perioadă spre formularea unei teorii generale a câmpului, ca bază a fizicii, şi a considerat teoria generală a relativităţii doar ca o etapă în realizarea proiectului său de unifi

care a cunoaşterii fizice. Formularea ecuaţiilor „câmpului total”.

este calificată *de* Einstein drept o desăvârşire a

teoriei generale a relativităţii. O asemenea „desăvârşire” a fost, de fapt, ţinta tuturor sforţărilor sale ştiinţifice până la sfârşitul vieţii.

27. Rezultă clar că pentru Einstein cercetarea fundamentală în fizică are o condiţionare filosofică ireductibilă în măsura în care este orientată în raport cu răspunsul pe care îl dau teoreticienii la această întrebare. Acest răspuns poate fi considerat drept o opţiune strategică a cărei fertilitate va putea fi determinată abia de evoluţia viitoare a cunoaşterii ştiinţifice.

28. Fizicianul A exprimă punctul de vedere care era apărat, în acel moment, de cercetători ca Einstein şi Schrödinger, în timp ce fizicianul B susţine interpretarea larg acceptată, interpretarea care a fost elaborată în scrierile unor teoreticieni ca Bohr, Heisenberg.

Pauli sau Born.

29. Această presupunere, numită astăzi în mod curent *principiul separabilităţii*, reprezintă o premisă esenţială în argumentarea pe care o dă Einstein aici şi în alte texte concluziei că mecanica cuantică este o teorie incompletă. Pentru o discuţie largă a acestei teme vezi

B. d’Espagnat, *Quantum Logic and Nonseparability* în (ed.) J. Mehra.

The Physicist’s Conception of Nature, Reidel, Dordrecht, Boston, 1973

şi *The Quantum Theory and Reality*, în „Scientific American”, vol.

241, no. 5, 1979. Pentru prezentarea unor poziţii contemporane în discuţia asupra principiului separabilităţii vezi şi M. Flonta, *Perspectivă filosofică şi raţiune ştiinţifică*, Editura Ştiinţifică şi Enciclopedică, Bucureşti, 1985, pp. 317 – 331.

30. Dacă se acceptă concluzia că teoria cuantică reprezintă o descriere incompletă a realităţii fizice, rezultă că trăsăturile sau caracteristicile atomice ale substanţei şi radiaţiei nu sunt ireductibile.

Dimpotrivă, este de aşteptat, crede Einstein, că o explicaţie mulţumitoare a fenomenelor cuantice, ca şi a

celorlalte fenomene fizice, va putea fi dată numai în cadrul unei teorii generale a câmpului.

O asemenea teorie va fi o teorie fizică de tip clasic, în cuvintele lui

Einstein „o teorie ce descrie starea reală a lucrurilor prin funcţii continue ale spaţiului pentru care sunt valabile ecuaţii diferenţiale”.

Este respinsă în acest fel supoziţia fundamentală ce sprijină interpretarea şcolii de la Copenhaga, şi anume că înţelegerea fenomenelor cuantice pretinde abandonarea definitivă a cerinţelor de tip clasic ale descrierii realităţii fizice.

31. Se pare că aceste *Note autobiografice* şi-au propus în primul rând să evidenţieze temeiurile pe care se sprijină aşteptările autorului lor cu privire la direcţia dezvoltării viitoare a cunoaşterii fizice. Ultima

propoziţie indică clar ceea ce s-a lăsat deja să se înţeleagă pe parcursul expunerii: aceste aşteptări exprimă ceea ce a învăţat Einstein din propria sa experienţă de cercetare cu privire la condiţiile generale pe care ar trebui să le satisfacă o teorie care va fi în măsură să constituie un progres autentic în dezvoltarea cunoaşterii fizice.

OBSERVAŢII ASUPRA ARTICOLELOR
REUNITE ÎN ACEST VOLUM!

De la început trebuie să spun că nu mi-a fost uşor să mă achit de îndatorirea de a-mi spune părerea despre articolele cuprinse în acest volum. Motivul este că articolele se referă, în întregul lor, la prea multe teme, între care, în stadiul actual al cunoaşterii noastre, există doar o slabă legătură. Am încercat, mai întâi, să discut articolele unul câte unul. Am renunţat totuşi, fiindcă nu a rezultat un text cât de cât omogen, aşa încât lectura lui ar fi putut cu greu fi utilă sau plăcută pentru cineva. De aceea, în cele din urmă, am hotărât să rânduiesc aceste observaţii, atât cât a fost posibil, după considerente tematice.

În afară de aceasta, după unele strădanii

infructuoase, mi-am dat seama că mentalitatea care stă la baza câtorva din aceste articole se deosebeşte atât de mult de propria mea mentalitate, încât nu îmi stă în putinţă să spun despre ele ceva folositor. Să nu se înţeleagă că eu preţuiesc aceste articole – în măsura în care înţelesul lor îmi este în general clar – mai puţin decât pe cele care sunt mai aproape de modul meu de gândire şi cărora le sunt dedicate observaţiile ce urmează.2

Mă voi referi mai întâi la articolele lui Wolfgang Pauli şi Max

Born. Ei înfăţişează conţinutul cercetărilor mele cu privire la cuante şi statistică, în general, sub aspectul coerenţei lor interne şi al contribuţiei la evoluţia fizicii în timpul ultimei jumătăţi de veac. Faptul că ei au făcut aceasta este demn de toată lauda; căci numai cei care au luptat cu succes cu situaţiile problematice ale vremii lor înţeleg în profunzime aceste situaţii, spre deosebire de istoricul de mai târziu căruia îi este greu să facă abstracţie de conceptele şi concepţiile care apar generaţiei sale drept consacrate şi chiar drept

209

evidente. Ambii autori dezaprobă faptul că eu resping ideea de bază a teoriei cuantice statistice contemporane în măsura în care nu cred că această idee fundamentală va oferi fizicii în întregul ei o temelie utilizabilă. Mai mult despre aceasta, mai jos.

Ajung acum la ceea ce este probabil subiectul cel mai interesant, care trebuie neapărat discutat în legătură cu argumentarea amănunţită a mult stimaţilor mei colegi Born, Pauli.

Heitler, Bohr şi Margenau. Ei sunt, cu toţii, ferm convinşi că enigma dublei naturi a tuturor corpusculilor (caracterul corpuscular şi ondulatoriu) şi-a găsit o soluţie în principiu definitivă prin teoria cuantică statistică. Pe temeiul succesului acestei teorii, ei consideră drept dovedit că o descriere completă a unui sistem, în sensul teoriei, poate să cuprindă, în principiu, numai aserţiuni statistice cu privire la cantităţile măsurabile ale acestui

sistem. După câte se pare, ei sunt cu toţii de părere că relaţia de indeterminare a lui Heisenberg

(a cărei corectitudine este din punctul meu de vedere în mod îndreptăţit considerată ca fiind definitiv demonstrată) dezvăluie o caracteristică esenţială a tuturor teoriilor fizice rezonabile ce pot fi gândite în sensul menţionat, în cele ce urmează, doresc să formulez motivele care mă împiedică să mă alătur acestei păreri împărtăşite de aproape toţi fizicienii teoreticieni contemporani. Sunt, într-adevăr, ferm convins că natura principial statistică a teoriei cuanticii contemporane trebuie să fie atribuită exclusiv faptului că această teorie operează cu o descriere incompletă a sistemelor fizice.3

Înainte de toate, cititorul trebuie să fie însă convins că eu recunosc întru totul progresul foarte important pe care l-a reprezentat teoria cuantică statistică pentru fizica teoretică, în domeniul fenomenelor *mecanice* – adică oriunde este posibil să considerăm interacţiunea structurilor şi a părţilor lor cu suficientă precizie, postulând o energie potenţială între punctele materiale – ea constituie deja un sistem care, prin natura lui închisă, descrie corect relaţiile empirice dintre fenomene ce pot fi constatate aşa cum erau ele anticipate din punct de vedere teoretic. Teoria aceasta este până acum singura care reuşeşte să unifice caracterul dual, corpuscular şi ondulatoriu, al materiei într-un mod satisfăcă

210

tor din punct de vedere logic, iar relaţiile (controlabile) pe care le conţine sunt, înăuntrul limitelor naturale fixate de relaţia de indeterminare, *complete*. Relaţiile formale care sunt date în această teorie – adică întregul ei formalism matematic – vor fi probabil conţinute, sub forma inferenţelor logice, în orice bună teorie viitoare.

Ceea ce nu mă satisface din punct de vedere principial în această teorie este atitudinea ei faţă de ceea ce îmi apare ca fiind obiectivul programatic al întregii fizici: descrierea completă a stărilor reale (individuale), care sunt posibile potrivit legilor naturii. Când fizicianul

modern înclinat spre pozitivism aude o asemenea formulare, el răspunde cu un zâmbet compătimitor. El îşi spune: „Avem în faţa noastră cea mai nudă formulare a unei prejudecăţi metafizice, lipsite de conţinut, o prejudecată a cărei înfrângere constituie realizarea epistemologică majoră a fizicienilor în ultimul sfert de secol. A perceput vreun om o «stare fizică reală»? Cum este cu putinţă ca un om rezonabil să mai creadă astăzi că poate respinge cunoştinţele noastre fundamentale invocând o asemenea fantomă anemică?” Dar răbdare! Caracterizarea laconică de mai sus nu era menită să convingă pe cineva;

ea trebuia mai degrabă să indice punctul de vedere în jurul căruia se grupează în mod firesc reflecţiile elementare ce vor urma.4 Voi proceda în felul următor: voi arăta, mai întâi, în cazuri speciale simple, ceea ce mi se pare esenţial, şi abia apoi mă voi referi pe scurt la câteva idei mai generale care sunt implicate.

Considerăm un sistem fizic, mai întâi un atom radioactiv cu o perioadă medie de dezintegrare determinată, care este localizat în mod exact din punct de vedere practic într-un punct al sistemului de coordonate. Procesul radioactiv constă din emisiunea unei particule mai uşoare. De dragul simplităţii neglijăm mişcarea atomului rezultat din procesul de dezintegrare. Urmându-l pe Gamow, putem să înlocuim restul atomului printr-un spaţiu de o mărime de ordin atomic, înconjurat de o barieră închisă de energie potenţială, ce cuprinde la timpul t = O particula ce urmează să fie emisă. Procesul radioactiv, schematizat în acest fel, poate fi descris în acest caz, după cum se ştie, în sensul mecanicii cuantice elementare.

211

printr-o funcţie y în trei dimensiuni, care la timpul t – O este diferită de zero numai înăuntrul barierei, dar care, în desfăşurarea timpului, se extinde în spaţiul exterior. Această funcţie \/ dă posibilitatea ca, la un anumit moment ales, particula să fie într-o regiune anume a spaţiului

(adică să fie găsită aici în cazul unei măsurări a poziţiei). Funcţia \/ nu implică însă nicio aserţiune *cu privire la momentul dezintegrării* atomului radioactiv.

Acum formulăm întrebarea: poate această descriere teoretică să fie considerată ca o descriere *completă* a dezintegrării unui singur atom individual? Răspunsul imediat plauzibil este: nu. Căci suntem, mai întâi, înclinaţi să presupunem că atomul individual se dezintegrează într-un moment bine determinat al timpului. O asemenea valoare determinată a timpului nu este însă implicată în descrierea prin funcţia *i*. Dacă, prin urmare, atomul individual are un moment de dezintegrare determinat, atunci, cât priveşte atomul individual, descrierea lui cu ajutorul funcţiei *y* trebuie să fie interpretată ca o descriere incompletă, în acest caz, funcţia y trebuie considerată nu ca descrierea unui sistem singular, ci a unui ansamblu ideal de sisteme, în acest caz, ajungem la convingerea că o descriere completă a unui sistem singular trebuie să fie totuşi posibilă; dar pentru o asemenea descriere completă nu există niciun loc în lumea conceptuală a teoriei cuantice statistice.

La acestea, teoreticianul cuantelor va răspunde: Această consideraţie rezistă sau cade împreună cu afirmaţia că există în realitate un moment de timp bine determinat al dezintegrării atomului individual. Dar această afirmaţie este, după părerea mea, nu numai arbitrară, ci realmente lipsită de sens.

Afirmaţia că există un moment determinat al dezintegrării are sens numai dacă eu pot să determin, în principiu, acest moment în mod empiric. O asemenea determinare (care este, în cele din urmă, echivalentă cu încercarea de a proba existenţa particulei în afara barierei de forţă) implică însă o perturbare determinată a sistemului care ne interesează, astfel încât rezultatul determinării nu permite o concluzie cu privire la starea sistemului neperturbat. Supoziţia că un atom radioactiv are un moment de dezintegrare determinat nu este aşadar justificată în niciun fel, şi tot atât de puţin este justificată

şi consecinţa derivată din această supoziţie, şi anume că funcţia \/ nu poate fi concepută ca o descriere completă a sistemului individual, întreaga pretinsă dificultate decurge din faptul că se postulează ceva ce nu este observabil ca „*real*”.

(Acesta este răspunsul teoreticianului cuantelor.)

Ceea ce îmi displace în acest mod de argumentare este atitudinea pozitivistă fundamentală care, după părerea mea, este de nesusţinut şi care îmi pare a coincide cu principiul lui Berkeley, esse est *percipi*. Căci „existenţa” este întotdeauna ceva care este construit mintal de către noi, adică ceva postulat în mod liber (în sens logic), îndreptăţirea unor asemenea postulări nu stă în derivarea lor din ceea ce este dat prin simţuri.

O asemenea derivare (în sensul deductibilităţii logice) nu are loc niciodată şi niciunde, nici măcar în domeniul gândirii preştiinţifice. Justificarea postulărilor ce reprezintă pentru noi

„Realitate” stă numai în însuşirea lor de a face inteligibil ceea ce este dat prin simţuri (caracterul vag al acestei exprimări mi-a fost impus aici de străduinţa de a realiza concizia).

Aplicată la exemplul specific ales, această consideraţie ne spune următoarele:

Nu putem să întrebăm pur şi simplu: „Există un moment determinat pentru transformarea unui atom individual?”, ci numai: „Este rezonabil să postulăm în cadrul construcţiei noastre teoretice globale existenţa unui punct determinat al timpului pentru dezintegrarea unui atom individual?” Nu avem voie nici cel puţin să întrebăm *ce înţeles are*. această postulare. Putem doar să întrebăm dacă o asemenea postulare este rezonabilă sau nu, în cadrul sistemului conceptual ales, luând în considerare capacitatea acestuia de a cuprinde din punct de vedere teoretic ceea ce este dat empiric.

În măsura în care un teoretician al cuantelor adoptă poziţia că descrierea cu ajutorul funcţiei \/ se referă numai

la ansamblul ideal de sisteme, şi câtuşi de puţin la sistemul individual, el poate liniştit să presupună existenţa unui punct determinat al timpului pentru transformare. Dacă el susţine însă presupunerea că această descriere cu ajutorul funcţiei

l/ trebuie considerată drept descrierea completă a sistemului individual, atunci el trebuie să respingă postularea unui moment determinat al dezintegrării. El poate în mod justificat

să arate că o determinare a momentului dezintegrării nu este posibilă pentru un sistem izolat; o asemenea determinare reclamă perturbări de un aşa fel încât nu pot fi neglijate, atunci când se examinează critic situaţia. Din constatarea empirică potrivit căreia transformarea a avut deja loc, nu va fi cu putinţă să conchidem, de exemplu, că acesta ar fi fost cazul şi dacă perturbările sistemului nu s-ar fi produs.

După câte ştiu, E. Schrödinger a atras pentru prima dată atenţia asupra unei modificări a acestei consideraţii, care arată că o interpretare de acest fel este nepotrivită, în loc de a considera un sistem ce conţine numai un atom radioactiv (şi procesul său de dezintegrare), considerăm un sistem care include şi mijloacele pentru a stabili dezintegrarea radioactivă, de exemplu un contor Geiger cu un mecanism de înregistrare automat. Să presupunem că acesta din urmă include o bandă de înregistrare mişcată de un mecanism de ceasornic, pe care este făcută o înregistrare prin declanşarea contorului.

Este adevărat că din punctul de vedere al mecanicii cuantice acest sistem total este foarte complex şi că spaţiul lui de configuraţie este de dimensiuni foarte mari. Nu există însă în principiu vreo obiecţie împotriva tratării întregului sistem din punctul de vedere al mecanicii cuantice. Şi aici, teoria determină probabilitatea fiecărei configuraţii, a tuturor coordonatelor sale, pentru fiecare moment al timpului. Dacă examinăm toate configuraţiile coordonatelor pentru un interval mare de timp în

comparaţie cu valoarea timpului mediu de dezintegrare a atomului radioactiv, va exista (cel mult) *un* asemenea semn înregistrator pe bandă. Fiecărei configuraţii a coordonatelor îi corespunde o anumită poziţie a semnului pe banda de hârtie. Cum însă teoria furnizează numai probabilitatea relativă a configuraţiilor coordonatelor ce pot fi gândite, ea oferă de asemenea numai probabilităţi relative pentru poziţiile semnului pe banda de hârtie, şi nu localizări determinate ale acestui semn.

În această situaţie, localizarea semnului pe bandă joacă rolul pe care l-a jucat în situaţia iniţială valoarea momentului dezintegrării. Raţiunea introducerii sistemului căruia i s-a adăugat mecanismul de înregistrare constă în următoarele.

Localizarea semnului pe bandă este un fapt care aparţine

214

În întregime sferei conceptelor macroscopice, spre deosebire de momentul de dezintegrare al unui atom individual. Dacă încercăm să lucrăm cu interpretarea potrivit căreia descrierea cuantic-teoretică trebuie să fie înţeleasă ca o descriere completă a sistemului individual, suntem constrânşi să adoptăm interpretarea că localizarea semnului pe bandă nu aparţine sistemului ca atare şi că existenţa localizării este în mod esenţial dependentă de realizarea unei observaţii făcute pe banda de înregistrare. O asemenea interpretare nu este desigur în niciun caz absurdă din punct de vedere pur logic; este însă puţin probabil să existe cineva care să fie înclinat să o ia în considerare în mod serios, în sfera macroscopică considerăm pur şi simplu ca sigur că trebuie să aderăm la programul unei descrieri a realităţii în spaţiu şi timp, în timp ce în sfera fenomenelor în cazul cărora structura microscopică joacă un rol esenţial suntem mai uşor înclinaţi să abandonăm sau cel puţin să modificăm acest program.5

Scopul acestei discuţii a fost doar să arate următoarele.

Ajungem la concepţii teoretice foarte puţin plauzibile dacă încercăm să susţinem teza că teoria cuantică statistică este, în principiu, capabilă să producă o descriere completă a unui sistem fizic individual. Pe de altă parte, aceste dificultăţi ale interpretării teoretice dispar dacă considerăm descrierea mecanic-cuantică drept descrierea unor ansambluri de sisteme.

Am ajuns la acest rezultat pe temeiul unor consideraţii din cele mai diferite. Sunt convins că orice om care îşi va da osteneala să ducă până la capăt, în mod conştiincios, asemenea reflecţii se va vedea condus, în cele din urmă, la această interpretare a descrierii cuantic-teoretice (şi anume că funcţia \/ trebuie înţeleasă ca o descriere nu a unui sistem individual, ci a unui ansamblu de sisteme).

În linii mari, rezultatul este acesta: în cadrul teoriei cuantice statistice nu există o descriere completă a sistemului individual. Mai precaut, ne-am putea exprima astfel: încercarea de a concepe descrierea cuantic-teoretică drept descriere completă a sistemelor individuale conduce la interpretări teoretice nenaturale, care devin lipsite de utilitate de îndată ce acceptăm interpretarea că descrierea se referă la ansambluri de sisteme şi nu la sisteme individuale, în acest caz.

215

Întregul „mers pe ouă” realizat în scopul de a ocoli „realul fizic” (*das Physikalisch-Reale*) devine de prisos. Există totuşi un motiv psihologic simplu pentru faptul că această interpretare mai evidentă este ocolită. Căci dacă teoria cuantică statistică nu pretinde să descrie sistemul individual (şi dezvoltarea lui în timp) în mod complet, apare inevitabil să căutăm altundeva o descriere completă a sistemului individual;

În acest caz ar fi clar de la bun început că elementele unei asemenea descrieri nu sunt conţinute în schema conceptuală a teoriei cuantice statistice. Prin aceasta am admite că această schemă nu poate servi, în principiu, ca bază a fizicii teoretice.

Presupunând că eforturile de a realiza o descriere fizică completă vor fi încununate de succes, teoria cuantică statistică ar urma să ocupe, în cadrul fizicii viitoare, o poziţie aproximativ analogă cu aceea pe care o ocupă mecanica statistică în cadrul mecanicii clasice. Sunt pe deplin convins că dezvoltarea fizicii teoretice va fi de acest tip; dar drumul va fi lung şi anevoios.6

Îmi imaginez acum un teoretician al cuantelor care admite, ce-i drept, că descrierea cuantic-teoretică se referă la ansambluri de sisteme şi nu la sisteme individuale, dar care, cu toate acestea, rămâne credincios ideii că tipul de descriere al teoriei cuantice statistice va fi menţinut în viitor în trăsăturile lui esenţiale. El va putea argumenta în felul următor:

Recunosc că descrierea cuantic-teoretică este o descriere incompletă a unui sistem individual; recunosc chiar şi că o descriere teoretică completă poate fi, în principiu, gândită;

consider însă drept dovedit că o căutare a unei asemenea descrieri complete nu ar avea niciun rost; căci legitatea naturii este constituită în aşa fel încât legile pot fi formulate în mod complet şi convenabil în cadrul descrierii noastre incomplete.

La acestea pot să răspund doar aşa: Punctul vostru de vedere – luat ca posibilitate teoretică – este incontestabil.

Totuşi, mie mi se pare mai naturală speranţa că formularea adecvată a legilor universale va implica *toate* elementele conceptuale care sunt necesare pentru o descriere completă, în plus, nu este prea surprinzător că, utilizând o descriere incompletă, putem obţine prin ea (în principal) numai enun

ţuri statistice. Dacă ar fi posibil să înaintăm spre o descriere completă este probabil că legile ar reprezenta relaţii între elementele conceptuale ale acestei descrieri care, în sine, nu trebuie să aibă nimic în comun cu statistica.

Iată alte câteva observaţii de natură generală cu privire la concepte şi cu privire la insinuarea că un concept, de exemplu, cel al realului, este ceva metafizic (şi trebuie, prin urmare, să fie respins). O distincţie conceptuală fundamentală, care este premisa necesară a gândirii ştiinţifice şi preştiinţifice, este distincţia dintre „impresii senzoriale" (şi reamintirea unor astfel de impresii), pe de o parte, şi simple idei (*Verstellungen*), pe de altă parte. Nu există o definiţie conceptuală a acestei distincţii (lăsând la o parte definiţiile circulare, adică definiţiile care fac apel, în mod ascuns, la obiectul care urmează să fie definit). Nu se poate nici susţine că la baza acestei distincţii stă o evidenţă, ca de exemplu cea care susţine distincţia dintre roşu şi albastru. Pe de altă parte, avem nevoie de această distincţie pentru a putea înfrânge solipsismul. Soluţia: ne folosim de această distincţie fără a ţine seama de reproşul că, procedând astfel, ne facem vinovaţi de păcatul metafizic originar. Considerăm distincţia drept o categorie pe care o folosim pentru a ne putea orienta mai bine în lumea senzaţiilor imediate. „Sensul" şi justificarea distincţiei stau pur şi simplu în această prestaţie. Acesta însă este doar un prim pas. Ne reprezentăm impresiile senzoriale ca fiind condiţionate de un factor „obiectiv" şi de unul „subiectiv".

O justificare logico-filozofică nu există nici pentru această distincţie conceptuală. Dar dacă o respingem nu putem scăpa de solipsism. Distincţia este de asemenea presupoziţia oricărui gen de gândire fizică. Şi aici, singura justificare stă în utilitatea ei. Avem de-a face cu „categorii" sau scheme de gândire a căror alegere depinde, în principiu, în întregime de noi şi a căror îndreptăţire poate fi judecată numai după măsura în care folosirea lor face inteligibilă totalitatea conţinuturilor conştiinţei. Factorul numit mai sus „obiectiv" constă în totalitatea acelor concepţii şi relaţii conceptuale ce sunt gândite ca independente de trăiri, adică de percepţii. Cât timp ne mişcăm înăuntrul acestei sfere de gândire, fixată programatic, gândim în mod fizic, în măsura în care

gândirea fizică, în

sensul indicat de mai multe ori, se justifică prin capacitatea de a cuprinde intelectual trăirile, o considerăm drept „cunoaştere a realului”.

Potrivit celor spuse, „realul” în fizică trebuie conceput ca un fel de program la care nu suntem totuşi obligaţi să aderăm *u priori*. Nimeni nu este probabil înclinat să abandoneze acest program în domeniul „macroscopic” (localizarea semnului pe banda de hârtie „reală”). „Macroscopicul” şi „microscopicul” sunt însă intercorelate în aşa fel încât abandonarea acestui program în domeniul „microscopicului” apare ca nepotrivită. Nu pot să văd, de asemenea, nici în faptele de observaţie ale domeniului cuantic un motiv pentru aceasta, dacă nu adoptăm *a priori* teza că descrierea naturii prin schema statistică a mecanicii cuantice trebuie concepută ca una definitivă.

Concepţia susţinută se deosebeşte de cea a lui Kant numai prin faptul că noi nu concepem „categoriile” ca imuabile (condiţionate de natura intelectului), ci drept postulate libere

(în sens logic). Ele apar ca fiind *a priori* numai în măsura în care a gândi fără postularea categoriilor şi, în genere, a conceptelor, ar fi tot aşa de imposibil ca şi respiraţia în vid.

Din aceste observaţii sărace se poate vedea că mi *se* pare o greşeală să se admită că descrierea teoretică depinde direct de aserţiuni empirice, după cum mi se pare că se intenţionează, de exemplu, în principiul complementarităţii al lui

Bohr, a cărui formulare precisă nu mi-a reuşit de altfel în ciuda marilor eforturi pe care le-am depus în acest scop.7 După părerea mea, rezultatele măsurătorilor pot interveni numai drept cazuri speciale, adică drept părţi ale descrierii fizice cărora nu le pot atribui vreo poziţie specială în raport cu restul.

Articolele lui Bohr şi Pauli menţionate mai sus conţin

o apreciere istorică a eforturilor mele în domeniul fizicii statistice şi a cuantelor şi, în plus, o învinuire adusă în modul cel mai prietenesc, în cea mai scurtă formulare, aceasta din urmă ar suna astfel: „Aderenţă fermă la teoria clasică”. Această învinuire cere fie o apărare, fie recunoaşterea vinovăţiei.

Atât una, cât şi cealaltă sunt însă considerabil îngreunate de faptul că nu este câtuşi de puţin clar ce *se* înţelege prin „te

orie clasică”. Teoria lui Newton merită numele de teorie clasică. Cu toate acestea, s-a renunţat la ea atunci când Maxwell şi Hertz au arătat că ideea acţiunii la distanţă trebuie părăsită şi că nu putem să ne descurcăm fără ideea „câmpurilor”.

continue.8 S-a impus repede părerea potrivit căreia câmpurile continue par să fie singurele concepte fundamentale acceptabile care trebuie să stea la ba/a teoriei particulelor elementare. Această concepţie a devenit, pentru a spune aşa.

„Clasică”, dar din ea nu s-a dezvoltat o *teorie* propriu-zisă şi în principiu completă. Teoria câmpului electric a lui Maxwell a rămas doar un trunchi, fiindcă nu a fost în stare să formuleze legi cu privire la comportarea densităţii electrice, fără de care nu poate exista totuşi câmp electromagnetic, în mod analog, teoria generală a relativităţii a oferit o teorie a gravitaţiei bazată pe câmp (*Fcidtheorie der Gravitaţiori*), dar nu o teorie a maselor ce creează câmp. (Aceste observaţii presupun, ca pe ceva de la sine înţeles, că o teorie a câmpului nu poate să conţină niciun fel de singularităţi, adică niciun fel de locuri sau părţi ale spaţiului în care să nu fie valabile legile câmpului.)

În consecinţă, nu există astăzi, strict vorbind, ceva de felul teoriei clasice a câmpului; nu se poate aşadar adera în mod ferm la ea. Teoria câmpului există totuşi ca un program:

„Funcţii continue în continuu-ul cvadridimensional

drept concepte fundamentale ale teoriei”. Mi se poate atribui pe bună dreptate aderenţa fermă la acest program. Temeiul mai profund pentru aceasta stă în următoarele. Teoria gravitaţiei mi-a arătat că neliniaritatea acestor ecuaţii are drept consecinţă faptul că această teorie *produce* peste tot interacţiuni între structuri (lucruri localizate). Căutarea pe cale teoretică a ecuaţiilor neliniare este fără speranţă (datorită varietăţii prea mari de posibilităţi) dacă nu este aplicat principiul general al relativităţii (invariantă faţă de transformări generale, continue ale coordonatelor). Se pare totuşi că deocamdată formularea acestui principiu nu este posibilă, dacă se caută să se devieze de la programul de mai sus. În aceasta constă constrângerea pe care nu o pot evita. Aceasta pentru justificarea a ceea ce fac.9

219

Mă văd totuşi silit să slăbesc această justificare printr-o mărturisire. Dacă nu ţinem seama de structura cuantică, putem justifica introducerea lui *gik „în* mod operaţional”, invocând faptul că ne putem cu greu îndoi de realitatea fizică a „conului de lumină” elementar care aparţine unui punct.

Procedând astfel facem uz în mod implicit de existenţa unui semnal luminos oricât de precis, în ceea ce priveşte realităţile cuantice, un asemenea semnal implică totuşi frecvenţe şi energii infinit de mari şi, prin urmare, o distrugere completă a câmpului ce urmează să fie determinat. O asemenea întemeiere fizică pentru introducerea lui *geade*, aşadar, dacă nu cumva ne limităm la domeniul „macroscopicului”.

Aplicarea bazei formale a teoriei generale a relativităţii la domeniul „microscopic” poate, prin urmare, să fie întemeiată numai pe faptul că acel tensor este structura formală covariantă cea mai simplă care poate fi luată în considerare.

O asemenea argumentare nu are însă nicio greutate pentru cel care se îndoieşte că trebuie să aderăm la continuu în general. Tot respectul pentru această îndoială,

dar unde altundeva există un drum practicabil?

Mă voi referi acum la tema relaţiei teoriei relativităţii cu filosofia. Aici vine în discuţie lucrarea lui Reichenbach, care prin precizia deducţiilor şi ascuţimea afirmaţiilor incită în mod irezistibil la un scurt comentariu. Discuţia ludică cuprinsă în articolul lui Robertson este interesantă în primul rând din punct de vedere epistemologic general, cu toate că el se limitează la tema mai restrânsă „teoria relativităţii şi geometria". La întrebarea: consideri adevărat ceea ce spune aici Reichenbach, eu pot răspunde numai cu vestita întrebare a lui

Pilat: „Ce este adevărul?"

Să examinăm mai întâi, mai îndeaproape, întrebarea: este geometria, considerată din punct de vedere fizic, verificabilă (adică falsificabilă) sau nu? Reichenbach, împreună cu Helmholtz, spune: da, dacă presupunem că există corpuri solide date empiric ce satisfac conceptul „distanţă". Poincaré spune nu şi este de aceea condamnat de Reichenbach. Să ne închipuim următoarea discuţie scurtă:

Poincaré: Corpurile date empiric nu sunt rigide şi, în consecinţă, nu pot fi utilizate drept întruchipare a intervalelor

geometrice. Prin urmare, teoremele geometriei nu sunt verificabile.

Reichenbach: Admit că nu există corpuri ce pot fi invocate *nemijlocit* pentru „definiţia reală" a intervalului. Această definiţie reală poate fi totuşi formulată dacă se ia în consideraţie dependenţa de temperatură a volumului, elasticitatea, rezistenţa electrică şi magnetică etc. Că aceasta este realmente cu putinţă fără contradicţie a arătat-o totuşi fizica clasică.

Poincaré: Pentru a dobândi definiţia reală, îmbunătăţită de tine, ai utilizat legi fizice, a căror formulare presupune (în acest caz) geometria euclidiană. Verificarea despre care ai vorbit se referă, aşadar, nu numai la geometrie, ci la întregul sistem de legi fizice care

este pus la bază. O testare a geometriei, luată izolat, nu poate fi deci gândită. De ce nu poate fi pe de-a întregul la latitudinea mea să aleg geometria în funcţie de considerente de comoditate (adică să aleg geometria euclidiană) şi să pun de acord celelalte legi („fizice", în sensul obişnuit al cuvântului) cu această alegere, în aşa fel încât să nu poată apărea o contradicţie a întregului cu experienţa?

(Conversaţia nu poate fi continuată în acest fel deoarece respectul celui ce scrie aceste rânduri pentru superioritatea lui Poincaré ca gânditor şi ca autor nu o permite; de aceea, în cele ce urmează, Poincaré este înlocuit cu un antipozitivist anonim.) 10

Reichenbach: Există ceva ispititor în această concepţie. Pe de altă parte, este însă demn de atenţie că (în fizica prerelativistă) aderenţa la semnificaţia obiectivă a lungimii şi la interpretarea diferenţelor dintre coordonate ca distanţe nu a dus la complicaţii atât timp cât nu este vorba de acele fenomene la care vitezele joacă un rol ce nu este de neglijat în raport cu viteza luminii. Nu suntem oare îndreptăţiţi, pe temeiul acestui fapt uimitor, să operăm mai departe, cel puţin cu titlu de încercare, cu conceptul lungimii măsurabile, ca şi cum ar exista etaloane de măsură rigide? în orice caz lui Einstein i-ar fi fost imposibil *de facto* (chiar dacă nu în mod teoretic) să stabilească teoria relativităţii, dacă nu ar fi aderat la semnificaţia obiectivă a lungimii „măsurabile".11

221

Împotriva sugestiei lui Poincaré trebuie subliniat că ceea ce contează nu este pur şi simplu simplitatea geometriei, luată izolat, ci, mai degrabă, cea mai mare simplitate posibilă a întregii fizici (inclusiv a geometriei). Este ceea ce e implicat, în primă instanţă, în faptul că astăzi va trebui să respingem drept nepotrivită sugestia de a adera la geometria euclidiană.

Antipozitivistul: Dacă, în împrejurările amintite, socoti distanţa drept un concept legitim, cum rămâne cu principiul tău

(semnificaţie = verificabilitate)? Nu vei fi silit oare să tăgăduieşti semnificaţia propoziţiilor geometrice şi să recunoşti numai semnificaţia celor ale teoriei pe deplin dezvoltate a relativităţii (care, oricum, nu există în genere ca un produs finit)? Nu trebuie oare să recunoşti că noţiunile şi propoziţiile izolate ale unei teorii fizice nu au „semnificaţie" în sensul tău, ci numai sistemul în întregul lui, în măsura în care face „inteligibil" ceea ce este dat în experienţă? De ce ar avea nevoie noţiunile izolate, care intervin într-o teorie, de o justificare aparte, dacă ele sunt indispensabile numai în cadrul structurii logice a teoriei, iar teoria se validează ca întreg?

În afară de aceasta, mi se pare că nu apreciezi cum se cuvine realizarea filosofică cu adevărat semnificativă a lui Kant.

De la Hume, Kant a învăţat că există concepte (de exemplu, cel al corelaţiei cauzale) care joacă un rol dominant în gândirea noastră şi care totuşi nu pot fi deduse cu ajutorul unor procese logice din datele empirice (un fapt pe care unii empirişti îl recunosc, ce-i drept, dar pe care pare-se, îl tot uită).

Prin ce este îndreptăţită folosirea acestor concepte? Să presupunem că el ar fi răspuns în sensul următor: gândirea este necesară pentru a înţelege ceea ce este dat empiric, *iar conceptele şi „categoriile" sunt necesare ca elemente de neînlocuit ale gândirii*. Dacă el s-ar fi mulţumit cu un asemenea răspuns, ar fi putut evita scepticismul şi nu ar fi trebuit să-l dojeneşti. El a fost însă indus în eroare de părerea greşită, greu de ocolit în vremea sa, că geometria euclidiană este o necesitate a gândirii şi oferă cunoştinţe *sigure* (adică independente de experienţa senzorială) cu privire la obiectele percepţiei „externe". Pornind de la această greşeală uşor de înţeles, el a dedus existenţa judecăţilor sintetice *a priori*, care sunt produse de raţiunea singură şi pot pretinde de aceea o validitate absolută. Cred

că dojana ta este îndreptată mai puţin împotriva lui

Kant însuşi decât împotriva celor care mai susţin şi astăzi ideile greşite despre existenţa „judecăţilor sintetice *a priori*” ”.

Mi-e greu să-mi închipui ceva mai stimulativ ca bază de discuţie într-un seminar de teoria cunoaşterii decât acest scurt articol al lui Reichenbach (cel mai bine luat împreună cu articolul lui Robertson).

Ceea ce s-a discutat până acum este strâns legat de articolul lui Bridgman, astfel încât voi putea să mă exprim foarte scurt fără a trebui să mă tem prea mult că voi fi prost înţeles.

Pentru a putea considera un sistem logic drept o teorie fizică nu este necesar să se ceară ca toate aserţiunile lui să fie interpretate şi „testate” în mod „operaţional”, independent una de alta; *defacto* această cerinţă nu a fost satisfăcută de nicio teorie şi nici nu poate fi satisfăcută. Pentru a putea considera o teorie drept teorie *fizică* este necesar doar ca ea să implice, în genere, enunţuri testabile în mod empiric.13

Această formulare este cu totul imprecisă în măsura în care

„Testabilitatea” este o însuşire care nu se referă doar la enunţ, ci la coordonarea conceptelor conţinute în el cu trăirile senzoriale. Nu este însă necesar să se intre în discuţia acestei probleme complicate în măsura în care nu este probabil că există aici deosebiri esenţiale de opinii.

Margenau. Acest articol conţine câteva observaţii originale, de ordin particular, pe care trebuie să le examinez în mod separat.

Privitor la secţiunea la articolului său: „Poziţia lui Einstein conţine trăsături de raţionalism şi de asemenea de empirism extrem...” Această observaţie este pe de-a întregul corectă. De unde vine această oscilaţie? Un sistem logic de concepte este fizică în măsura în care conceptele şi enunţurile sale sunt puse în mod necesar în relaţie cu lumea trăirilor senzoriale. Oricine încearcă să stabilească un asemenea sistem va găsi o piedică primejdioasă în alegerea arbitrară

(*embarras de richesse*). De aceea, el încearcă să lege conceptele sale într-un mod cât mai direct şi mai necesar cu lumea trăirilor senzoriale, în acest sens, atitudinea lui este empiristă. Această cale este adesea fertilă, dar întotdeauna atacabilă, deoarece conceptul izolat şi aserţiunea separată pot.

223

până la urmă, să enunţe ceva ce poate fi confruntat cu ceea ce este dat empiric numai prin relaţia lor cu întregul sistem.

El recunoaşte astfel că nu există o cale logică de la ceea ce este dat empiric la acea lume a conceptelor. Atitudinea lui devine atunci mai degrabă raţionalistă deoarece el recunoaşte independenţa logică a sistemului. Primejdia legată de această situare stă în aceea că în căutarea sistemului se poate pierde orice contact cu experienţa. O oscilaţie între aceste extreme mi se pare inevitabilă.14

Privitor la secţiunea 2: Nu am crescut în tradiţia kantiană, dar am ajuns să înţeleg abia mai târziu elementul preţios al acestei doctrine, alături de erorile care sunt astăzi evidente.

Acest element stă în propoziţia: „realul nu ne este dat, ci stă în faţa noastră (ca o enigmă ce urmează să fie dezlegată)".

Aceasta înseamnă că există ceva de felul unei construcţii conceptuale pentru prinderea a ceea ce are valabilitate interpersonală şi că autoritatea acestei construcţii se întemeiază în întregime pe confirmarea ei. Această construcţie conceptuală se referă tocmai la „real" (prin definiţie) şi orice altă întrebare cu privire la „natura realului" pare lipsită de conţinut.15

Privitor la secţiunea 4: Această discuţie nu m-a convins deloc. Căci este prin sine clar că orice mărime şi orice enunţ al unei teorii pretind „semnificaţie obiectivă" (în cadrul teoriei). O problemă se ridică abia atunci când atribuim unei teorii caracteristici de grup (*Gruppeneigenschaften*), adică presupunem sau postulăm

că aceeaşi situaţie fizică admite câteva moduri de descriere, ce trebuie să fie considerate la fel *de* îndreptăţite. Căci în acest caz nu putem în mod evident să atribuim o semnificaţie obiectivă mărimilor separate care nu pot fi eliminate (de exemplu, componentei *x* a vitezei unei particule sau coordonatelor ei *x*), în această situaţie, care a existat întotdeauna în fizică, trebuie să ne limităm să atribuim semnificaţie obiectivă legilor generale ale teoriei, cu alte cuvinte trebuie să cerem ca aceste legi să fie valide pentru orice descriere a sistemului, care este recunoscută ca îndreptăţită în raport cu grupul. Nu este aşadar adevărat că „obiectivitatea" presupune o caracteristică de grup, ci, dimpotrivă, caracteristici de grup ne constrâng la o rafinare a conceptului de obiectivitate. Postularea unor caracteristici de grup

este atât de importantă din punct de vedere euristic pentru teorie deoarece aceste caracteristici limitează întotdeauna considerabil varietatea legilor care sunt semnificative din punct de vedere matematic. Caracteristicile de grup, se afirmă după aceea, condiţionează faptul că legile trebuie să aibă forma ecuaţiilor diferenţiale; nu pot să înţeleg deloc acest lucru. Apoi, Margenau afirmă că legile exprimate prin ecuaţii diferenţiale (mai ales prin cele parţiale) ar fi „mai puţin specifice". Pe ce-şi întemeiază el afirmaţia? Dacă ele s-ar dovedi corecte, atunci încercarea de a întemeia fizica pe ecuaţii diferenţiale ar fi lipsită de orice perspectivă. Suntem însă totuşi departe de a fi în stare de a judeca dacă legi diferenţiale de tipul celor considerate au în general soluţii care sunt, pretutindeni, lipsite de singularităţi; şi în cazul că răspunsul este da, dacă există prea multe asemenea soluţii.

Şi acum, doar o observaţie cu privire la discuţia asupra paradoxului Einstein-Podolski-Rosen. Nu cred că apărarea de către Margenau a poziţiei cuantice „ortodoxe" (cuvântul „ortodox" se referă la teza că funcţia îi caracterizează sistemul individual în mod exhaustiv) atinge

aspectele esenţiale. Dintre teoreticienii cuantelor de orientare „ortodoxă" a căror poziţie o cunosc mi se pare că punctul.de vedere al lui Niels

Bohr se apropie cel mai mult de o înţelegere corectă a problemei. Argumentarea lui, tradusă în modul meu de a mă exprima, este următoarea:

Dacă sistemele parţiale A şi B formează un sistem total care este descris de funcţia lui *y*, *y l AB*), nu există niciun motiv pentru a atribui sistemelor parţiale *A* şi B, considerate separat, vreo existenţă independentă (stare reală), *nici chiar atunci cană sistemele parţiale sunt separate spaţial unul de celălalt într-un moment al timpului care este luat în consideraţie*. Afirmaţia că, în acest ultim caz, situaţia reală a lui B nu poate fi influenţată (în mod direct) de nicio măsurătoare realizată asupra lui *A* este deci, în cadrul teoriei cuantice, neîntemeiată şi

(cum arată paradoxul) inacceptabilă.

Privind lucrurile în acest fel devine evident că paradoxul ne sileşte să abandonăm unul din următoarele două enunţuri:

(1) descrierea cu ajutorul funcţiei y este *completă*;

(2) stările reale ale lucrurilor separate spaţial sunt independente una de alta.16

Este cu putinţă însă să păstrăm enunţul (2) dacă se consideră funcţia \/ ca descrierea (statistică) unui ansamblu de sisteme (renunţând deci la enunţul (1). Această concepţie distruge însă cadrul „teoriei cuantice ortodoxe".

Încă o observaţie cu privire la secţiunea 7 a articolului lui

Margenau. În caracterizarea mecanicii cuantice poate fi întâlnită următoarea propoziţie scurtă: ea corespunde dinamicii obişnuite a teoriei clasice. Această afirmaţie este în întregime corectă – *cum grano salis*; şi tocmai acest *granum salis* este semnificativ pentru problema interpretării.

Dacă este vorba de mase macroscopice (bile de

biliard sau stele), atunci avem de-a face cu unde de Broglie foarte scurte, care sunt determinante pentru comportarea centrului de greutate al unor asemenea mase. Acesta este motivul pentru care putem adopta descrierea cuantic-teoretică pentru un anumit interval de timp în aşa fel încât ea devine suficient de precisă pentru examinare macroscopică atât în ceea ce priveşte poziţia cât şi impulsul. Este adevărat de asemenea că această precizie se menţine pentru o perioadă lungă de timp şi că cvasi-punctele reprezentate astfel se comportă exact ca şi masele punctuale ale mecanicii clasice. Teoria arată totuşi că, după o perioadă destul de lungă de timp, caracterul punctual al funcţiei y se pierde complet pentru coordonatele centrelor de greutate, astfel încât nu se poate vorbi de vreo cvasi-localizare a centrelor de greutate. Imaginea devine acum, de exemplu, pentru un macropunct de masă izolat, cu totul asemănătoare cu cea pentru un electron liber izolat.

Dacă consider acum, potrivit concepţiei ortodoxe, funcţia \r ca o descriere completă a unei stări reale pentru cazul individual, nu mai pot să nu gândesc imprecizia principial nelimitată a stării obiectului (macroscopic) ca fiind *reală*. Pe de altă parte, noi ştim însă că prin iluminarea corpului cu ajutorul unei lanterne în repaus în raport cu sistemul de coordonate, primim o determinare precisă a poziţiei (judecată macroscopic). Pentru a înţelege acest lucru trebuie să presupun că orice localizare precisă nu este determinată doar de

starea reală a corpului observat, ci şi de actul iluminării. Acesta este din nou un paradox (asemănător cu semnul pe banda de hârtie din exemplul amintit mai sus). Năluca dispare numai dacă se renunţă la punctul de vedere ortodox, după care funcţia este acceptată ca o descriere completă a sistemului singular.

Toate consideraţiile de acest fel ar putea să apară ca subtilităţi savante de prisos care nu au nimic de-a face cu fizica propriu-zisă. Totuşi, tocmai de asemenea consideraţii

depinde în ce direcţie se crede că va trebui să căutăm baza conceptuală viitoare a fizicii.17

Închei aceste dezvoltări cu privire la interpretarea teoriei cuantice, care s-au extins destul de mult, reproducând o scurtă conversaţie pe care am avut-o cu un fizician teoretician de seamă. El: „Sunt înclinat să cred în telepatie”. Eu:

„Aceasta are probabil mai mult de-a face cu fizica decât cu psihologia”. El: „Da”. 18

Articolele lui Lenzen şi Northrop îşi propun amândouă să trateze în mod sistematic afirmaţiile mele epistemologice ocazionale. Pornind de la aceste afirmaţii, Lenzen construieşte o imagine sistematică de ansamblu, îţi cadrul căreia ceea ce lipseşte în afirmaţiile mele este completat cu grijă şi cu delicată sensibilitate. Tot ce se spune aici mi se pare convingător şi corect. Northrop ia aceste exprimări ca un punct de plecare pentru o critică comparativă a marilor sisteme epistemologice. Eu văd în această critică o capodoperă de gândire nepărtinitoare şi descriere concisă, care nu-şi permite niciun moment să se abată de la ceea ce este esenţial.

Relaţia reciprocă dintre teoria cunoaşterii şi ştiinţă este de un fel demn de remarcat. Ele depind una de alta. Teoria cunoaşterii fără legătură cu ştiinţa devine o schemă goală. Ştiinţa fără teoria cunoaşterii, în măsura în care aşa ceva poate fi în general gândit, este primitivă şi confuză.19 Odată ce teoreticianul cunoaşterii, care caută un sistem clar, a ajuns la un asemenea sistem, el este înclinat să interpreteze conţinutul de idei al ştiinţei în sensul sistemului lui şi să respingă tot ce nu se potriveşte cu acesta. Pe de altă parte, omul de ştiinţă nu îşi poate permite să împingă atât de departe năzuinţa lui spre sistematizarea epistemologică. El acceptă cu recunoştinţă

lllilijjifa.

analiza epistemologică a conceptelor; dar condiţiile exterioare care îi sunt fixate de faptele experienţei nu-i permit să se lase limitat prea mult în construcţia lumii lui

conceptuale de aderenţa la un sistem epistemologic.20 El va trebui să apară aşadar teoreticianului sistematic al cunoaşterii ca un anume fel de oportunist lipsit de scrupule: el apare ca realist în măsura în care încearcă să descrie o lume independentă de actele percepţiei; ca idealist în măsura în care priveşte conceptele şi teoriile ca invenţii pure ale spiritului uman (nederivabile logic din ceea ce este dat empiric); ca *pozitivist* în măsura în care el consideră conceptele şi teoriile lui ca fiind întemeiate *numai* în măsura în care ele oferă o reprezentare logică a relaţiilor dintre trăirile senzoriale. El poate să apară chiar ca *platonist* sau *pitagorician* în măsura în care consideră punctul de vedere al simplităţii logice ca un instrument indispensabil şi efectiv al cercetării sale.21

Toate acestea sunt explicate foarte bine în articolele lui

Lenzen şi Northrop.

Şi acum câteva consideraţii cu privire la articolele lui

E.A. Milne, G. Lemaître şi L. Infeld despre problema cosmologică, în ce priveşte reflecţiile ingenioase ale lui Milne pot să spun doar că găsesc baza lor teoretică prea îngustă. Din punctul meu de vedere nu se poate ajunge, pe cale teoretică, la rezultate demne de încredere în cosmologie, cel puţin într-o anumită măsură, dacă nu este utilizat principiul general al relativităţii.

În ceea ce priveşte argumentele lui Lemaître în favoarea aşa-numitei „constante cosmologice” în ecuaţiile gravitaţiei, trebuie să mărturisesc că aceste argumente nu îmi apar drept suficient de convingătoare ţinând seama de starea actuală a cunoaşterii.

Introducerea unei asemenea constante implică renunţarea, într-o măsură considerabilă, la simplitatea logică a teoriei, o renunţare care mi se pare inevitabilă numai atât timp cât nu avem niciun temei să punem la îndoială natura în mod esenţial statistică a spaţiului. După descoperirea de către Hubble a expansiunii sistemului stelar şi de la descoperirea lui

Friedmann că ecuaţiile fără adaosuri (*zusatzfreie*)

implică po

sibilitatea existenţei unei densităţi medii (pozitive) a materiei într-un univers în expansiune, introducerea unei asemenea constante îmi apare astăzi ca nejustificată din punct de vedere teoretic.

Situaţia este complicată de faptul că întreaga durată a expansiunii spaţiului până în prezent, dacă luăm ca bază ecuaţiile în forma lor cea mai simplă, se dovedeşte a fi mai mică decât apare credibil ţinând seama de vârsta stabilită, într-un mod demn de încredere, a mineralelor terestre. Dar introducerea „constantei cosmologice" nu oferă câtuşi de puţin o cale naturală de ieşire din această dificultate. Această din urmă dificultate este dată prin valoarea numerică a constantei de expansiune a lui Hubble şi măsurarea vârstei mineralelor, complet independentă de orice teorie cosmologică, presupunând că interpretăm efectul Hubble ca efect Doppler.

Totul depinde în cele din urmă de întrebarea: poate o linie spectrală să fie considerată ca o măsură a „timpului propriu" (*Eigenzeit*) *de* (*ds2 = g-dx-x* –, dacă luăm în considerare regiuni de dimensiuni cosmice? Există în genere un obiect natural care încorporează „etalonul de măsurare natural", în mod independent de poziţia lui în spaţiul cu patru dimensiuni? Răspunsul afirmativ la această întrebare a făcut posibilă, *din punct de vedere psihologic*, formularea teoriei generale a relativităţii; această supoziţie nu este însă necesară din punct de vedere logic. Pentru construcţia actualei teorii a relativităţii sunt esenţiale următoarele:

(1) Obiectele fizice sunt descrise prin funcţii continue, variabile ale câmpului cu patru coordonate. Atât timp cât conexiunea topologică este păstrată, acestea din urmă pot fi alese în mod liber.

(2) Variabilele câmpului sunt componente ale tensorilor;

printre tensori există un tensor simetric g-j. pentru descrierea câmpului gravitaţional.

(3) Există obiecte fizice care măsoară (în câmpul macroscopic) invariantul de.

Dacă enunţurile (1) şi (2) sunt acceptate, enunţul (3) este plauzibil, dar nu necesar. Construcţia teoriei matematice se sprijină exclusiv pe enunţurile (1) şi (2).

229

O teorie *completă* a fizicii ca totalitate, în acord cu enunţurile (1) şi (2), nu există încă. Dacă ar exista, nu ar fi loc pentru supoziţia (3). Căci obiectele folosite ca instrumente de măsură nu duc o existenţă de sine stătătoare, alături de obiectele pe care le implică ecuaţiile câmpului. Nu este necesar să ne lăsăm frânaţi în reflecţiile noastre cosmologice de o asemenea atitudine sceptică; şi nici nu ar trebui să respingem de la început asemenea reflecţii.

Aceste consideraţii mă conduc la articolul lui Karl Menger. Căci faptele din domeniul cuantelor sugerează bănuiala că va trebui să ne îndoim de utilitatea ultimă a programului caracterizat de enunţurile (1) şi (2). Există posibilitatea de a pune la îndoială numai enunţul (2) şi să ne îndoim astfel de posibilitatea unei formulări adecvate a legilor prin ecuaţii diferenţiale, fără a abandona enunţul (1). Cea mai radicală sforţare de a renunţa la enunţurile (1) şi (2) mi se pare mie, şi cred şi doctorului Menger, a fi şi mai la îndemână. Atât timp cât cineva nu are noi concepte care i se par destul de rezistente, se rămâne la simpla îndoială; acesta este, din păcate, cazul meu. Aderenţa mea la continuu nu decurge dintr-o prejudecată, ci din împrejurarea că nu am fost în stare să găsesc ceva organic care să-i ia locul. Cum se poate păstra în esenţă (sau cu aproximaţie) cvadridimensionalitatea şi renunţa în acelaşi timp la continuu?

Articolul lui L. Infeld este o introducere excelentă, care poate fi înţeleasă în mod independent în aşa-numita „problemă cosmologică” a teoriei relativităţii, care examinează în mod critic toate punctele esenţiale.

Max von Laue: o cercetare istorică asupra dezvoltării principiilor de conservare, care, după părerea mea, are o

valoare durabilă. Cred că ar merita ca acest articol să fie făcut accesibil studenţilor prin publicarea lui separată.

În ciuda unor străduinţe sârguincioase, nu am reuşit să înţeleg pe deplin articolul lui H. Dingle, nici cel puţin în ceea

ce priveşte ţelul pe care îl urmăreşte. Trebuie dezvoltată ideea teoriei speciale a relativităţii în sensul postulării unor noi caracteristici de grup, care nu sunt implicate de invarianta Lorentz? Sunt aceste postulate întemeiate empiric sau

230

doar „puse" cu titlu de încercare? Pe ce se întemeiază încrederea în existenţa unor asemenea caracteristici de grup?

Articolul lui Kurt Godel constituie, după părerea mea, o însemnată contribuţie la teoria generală a relativităţii, în special la analiza conceptului de timp. Problema în discuţie aici m-a neliniştit încă în perioada stabilirii teoriei generale a relativităţii, fără să fi fost în stare să o clarific. Făcând cu totul abstracţie de relaţia teoriei relativităţii cu filosofia idealistă, şi în genere cu orice interogaţie filosofică problema se prezintă astfel:

Dacă *P* este punct în univers (*Weltpunkt*), lui îi aparţine un

„Con de lumină" (ds2 = O). Trasăm prin P o linie de univers

„De tip temporal" (*zeitartig*) şi de-a lungul acestei linii observăm punctele apropiate *A* şi B, separate prin P. Are sens să înzestrăm linia de univers cu o săgeată şi să afirmăm că B

este *înaintea* lui P, iar *A după* P? Este aceasta ceea ce rămâne din relaţia temporală între puncte din univers în teoria relativităţii, o relaţie asimetrică, sau am fi tot atât de îndreptăţiţi din punct de vedere fizic să dăm săgeţii direcţia opusă şi să afirmăm că *A* este *înaintea* lui P, iar B *după* P?

Alternativa este decisă, mai întâi, în sens negativ, dacă suntem îndreptăţiţi să spunem: dacă este posibil să

transmitem un semnal de la B spre *A* (care trece la o distanţă foarte mică de P), dar nu de la *A* la B, atunci caracterul orientat

asimetric al timpului este asigurat, adică nu există o alegere liberă a direcţiei săgeţii. Esenţial în această privinţă este faptul că transmiterea unui semnal este un proces ireversibil în sensul termodinamicii, un proces care este legat de creşterea entropiei (în timp ce, *potrivit cunoaşterii noastre actuale*, toate procesele elementare sunt reversibile).

Dacă însă B şi A sunt două puncte ale lumii suficient de învecinate, care pot fi unite printr-o linie de tip temporal, atunci enunţul: „*B* este înaintea lui *A*" are sens fizic obiectiv.

Are acest enunţ sens şi atunci când punctele care pot fi legate printr-o linie de tip temporal sunt arbitrar de îndepărtate unul de celălalt? Desigur că nu, dacă există serii de puncte ce pot fi unite de linii de tip temporal astfel încât fiecare punct îl precedă pe cel anterior din punct de vedere temporal şi *seria este închisă în ea însăşi*, în acest caz, distincţia mai devreme-mai târziu este abandonată pentru puncte ale lumii care sunt situate la distanţe mari în sens cosmologic şi iau naştere acele paradoxuri privitoare la conexiunea cauzală orientată despre care a vorbit domnul Godel.

Asemenea soluţii cosmologice ale ecuaţiilor gravitaţiei (cu constantă A care nu se anulează) au fost găsite de domnul Godel. Va fi interesant de cântărit dacă acestea nu vor trebui excluse pe temeiuri fizice.

Am sentimentul supărător că m-am exprimat în acest răspuns nu numai într-un mod oarecum prolix, ci şi destul de tăios. Ca dezvinovăţire poate servi această observaţie: te poţi certa cu adevărat numai cu fraţii tăi şi cu prietenii apropiaţi;

ceilalţi sunt prea străini pentru aşa ceva.

P.S. Observaţiile de mai sus se referă la articolele care au fost în mâinile mele la sfârşitul lui ianuarie 1949.

Întrucât volumul trebuie să apară în martie, punerea pe hârtie a acestor observaţii nu mai putea fi amânată.

După ce ele au fost încheiate, am aflat că publicarea volumului va cunoaşte o nouă amânare şi că au sosit alte articole importante. Cu toate acestea, am decis să nu mai dezvolt

observaţiile mele, oricum prea lungi, şi să renunţ să mai iau poziţie faţă de acele articole care mi-au ajuns în mâini după ce observaţiile mele au fost încheiate.

Institutul de Studii Superioare

Princeton, New Jersey l februarie 1949

NOTE

1. Acest text al lui Einstein încheie volumul *Albert Einstein – filozof şi om de ştiinţă*, care este deschis prin *Notele autobiografice*. Este un volum din seria *Biblioteca filosofilor în viaţă*, editată în S.U.A. de către P.A. Schilpp. În această serie au apărut, începând din anul 1939

şi până astăzi, un număr de volume consacrate unor filosofi ca J. Dewey, A.N. Whitehead, B. Russell, G.E. Moore, E. Cassirer, R. Carnap.

K.R. Popper, W.V. Quine. Volumul Einstein este singurul dedicat unui creator de ştiinţă, care nu s-a îndeletnicit în mod profesional cu filosofia. Este o recunoaştere şi o subliniere a însemnătăţii dimensiunii filosofice a gândirii lui Einstein. Ca şi celelalte lucrări din seria editată de Schilpp, volumul conţine patru părţi: 1) Autobiografia intelectuală a autorului; 2) Studii interpretative şi critice consacrate diferitelor aspecte ale gândirii sale; 3) Observaţiile autorului pe marginea acestor studii; 4) o bibliografie completă a operei sale.

Textul este traducerea părţii a treia a lucrării. Majoritatea studiilor în volumul Einstein aparţin unor cunoscuţi cercetători în domeniul fizicii, astronomiei şi matematicii, ca N. Bohr, A. Sommerfeld.

L. de Broglie, W. Pauli, M. Born, W. Heitler, Ph. Frank, P.W. Bridgman, E.A. Milne, G.E. Lemaître, K. Menger, M. von Laue, H. Dingle, K. Godel. Un număr de

articole sunt semnate de filosofii: H.

Reichenbach, V. Lenzen, F.S.C. Northrop, A. Wenzi, G. Bachelard.

2. Prin această formulare elegantă, Einstein se dezleagă de îndatorirea de a comenta o seamă de articole, cu precădere unele scrise de filosofi ce nu sunt în niciun fel implicaţi în cercetarea ştiinţifică.

Interesul dominant al lui Einstein nu se îndreaptă spre teme generale ale teoriei cunoaşterii şi filosofiei naturii, ci spre clarificarea acelor probleme conceptuale şi metodologice ale gândirii fizice ce sunt în relaţie directă, nemijlocită cu opţiunile strategice ale cercetătorilor, aşa cum reiese foarte clar din consideraţiile ce urmează. Dincolo de această motivaţie, este de presupus că Einstein nu se considera competent pentru a discuta teme „pur filosofice”, cum sunt cele ce stau de obicei în centrul atenţiei filosofilor profesionişti.

233

3. Radicalitatea acestor consideraţii ar putea să fie cu greu supraapreciată. Einstein contesta puncte de vedere şi supoziţii general acceptate în lumea fizicii teoretice în jurul anului 1950, când scria aceste rânduri. El contesta cu deosebire supoziţia că „teoria cuantică statistică” oferă o explicaţie satisfăcătoare a faptelor experimentale, îndeosebi a naturii duble, corpusculare şi ondulatorii, a particulelor elementare. Se pune la îndoială că natura acestor fenomene ar cere o reconsiderare a criteriilor generale ale descrierii naturii şi se denunţă supoziţia că imposibilitatea explicării lor în cadrul unei teorii fizice de tip clasic ar fi fost dovedită, în particular, se susţine că descrierea realităţii fizice în cadrul unei teorii ce cuprinde numai aserţiuni statistice nu poate să fie una *completă*.

4. „Sâmburele discordiei” este deci de natură filosofică. Autorul indică clar că ceea ce îl desparte de fizicienii care adoptă interpretarea standard a mecanicii cuantice, propusă încă la sfârşitul deceniului al treilea de Bohr, Heisenberg *şi* Pauli, este în primul rând o

reprezentare asupra condiţiilor pe care trebuie să le satisfacă descrierea teoretică a realităţii fizice, în linii mari, mersul argumentării lui Einstein este următorul, în primul rând, susţinerea afirmaţiei că mecanica cuantică statistică nu reprezintă o descriere completă a realităţii fizice şi nu poate constitui, aşadar, baza fizicii teoretice, în al doilea rând, apărarea ideii că numai o teorie *completă*, în sensul ce se dă aici termenului, o teorie în cadrul căreia pot fi descrise sisteme individuale, constituie o descriere satisfăcătoare a realităţii fizice, în al treilea rând, prospectarea căilor pe care s-ar putea ajunge la elaborarea unei asemenea teorii şi la reconstrucţia cunoaşterii fizice pe bază unitară.

5. Supoziţia ce susţine întreaga desfăşurare a argumentelor este că există condiţii universale ale descrierii teoretice a realităţii fizice, valabile în egală măsură în macrocosm şi în microcosm. O descriere teoretică ce nu satisface idealul clasic al descrierii, adică nu reprezintă, în cuvintele lui Einstein, „o descriere a realităţii în spaţiu şi timp" nu va putea fi socotită o descriere *completă* a realităţii fizice, în acest sens, descrierea mecanic-cuantică a realităţii fizice este caracterizată de Einstein drept *incompletă*. Fără îndoială că teoreticienii ce acceptă o asemenea concluzie vor cădea de acord că trebuie întreprins ceva pentru a face posibilă o descriere *completă a realităţii* fizice. Dimpotrivă, acceptarea mecanicii cuantice statistice ca o descriere completă a realităţii fizice are după părerea lui Einstein o influenţă nefastă în măsura în care face ca asemenea nevoie să nu fie resimţită şi să nu se acţioneze în direcţia satisfacerii ei. Este tocmai ceea ce se va arăta în paragraful următor.

6. Ţelul străduinţelor lui Einstein pare să fie acela de a-i convinge pe fizicienii teoreticieni că acest drum rămâne deschis şi de a-i încuraja să-l urmeze. Ţinta atacurilor sale era supoziţia larg împărtăşită că „tipul de descriere al teoriei cuantice statistice va fi menţinut în viitor".

Convingerea autorului era că până la urmă nu argumentele de principiu, ci doar dezvoltarea în perspectivă a cunoaşterii fizice va putea dovedi justeţea şi fertilitatea programului său şi celor ce îl consideră cu neîncredere şi scepticism. Această convingere este afirmată clar şi mai jos. Viitorul va decide în cele din urmă. O asemenea decizie de natură să promoveze progresul cunoaşterii fizice va deveni cu putinţă însă numai în măsura în care mintea teoreticienilor va fi liberă de orice presupoziţii dogmatice şi deschisă pentru toate posibilităţile. Ca şi în alte texte asupra fundamentelor gândirii fizice, scrise în a doua parte a vieţii, Einstein încearcă aici să promoveze o asemenea atitudine şi stare de spirit.

7. Acest excurs epistemologic general nu este de dragul filosofiei, oricât de mult ar putea el să intereseze pe teoreticienii cunoaşterii. Principala intenţie a lui Einstein este de a indica sensul în care o teorie fizică *completă* poate fi caracterizată drept descriere a realităţii fizice şi, totodată, de a argumenta că acea reprezentare despre teoria fizică pe care se întemeiază interpretarea mecanicii cuantice dată de şcoala de la Copenhaga este de nesusţinut. Deşi crede că numai evoluţia viitoare a cunoaşterii fizice va putea decide, în cele din urmă, în această dispută, Einstein se străduieşte totuşi să sprijine poziţia sa prin consideraţii epistemologice mai generale. Proiectul unei teorii generale a câmpului, ca bază a fizicii, ca şi refuzul său de a accepta mecanica cuantică drept o descriere *completă* a realităţii fizice par să izvorască dintr-un amestec aparte de intuiţii şi consideraţii epistemologice.

8. Această formulare este semnificativă cel puţin din două puncte de vedere. Mai întâi, ea exprimă în mod clar punctul de vedere realist asupra teoriei fizice. Despre o teorie fizică asemenea teoriei lui Newton se va putea spune că trebuie să fie părăsită numai dacă ea va fi privită drept o descriere a realităţii fizice, în măsura în care fizicianul teoretician nu consideră teoriile din acest punct

de vedere, el va respinge categoric afirmaţia că o teorie ca cea a lui Newton ar fi fost „părăsită" sau trebuie să fie „părăsită". „Mecanica clasică este o teorie ştiinţifică închisă în sine. Ea este o descriere strict

«corectă» a naturii pretutindeni unde conceptele ei pot fi aplicate.

Noi atribuim încă şi astăzi mecanicii newtoniene un conţinut de adevăr, chiar şi o validitate strictă şi generală, numai că indicăm prin adaosul «acolo unde conceptele ei pot fi aplicate» faptul că

235

vom considera domeniul de aplicabilitate al teoriei newtoniene ca fiind limitat/ (W. Heisenberg, *Paşi peste graniţe*, Editura Politică, Bucureşti, 1977, p. 87.) Pentru luări de poziţii asemănătoare ale lui Einstein vezi şi nota (6) la *Discursul de recepţie la Academia Prusacă de*

Ştiinţe, nota (4) la *Ce este teoria relativităţii*? nota (7) la Ernst *Mach*, precum şi pasajele la care se referă aceste note. În al doilea rând, această formulare exprimă credinţa lui Einstein că o descriere teoretică satisfăcătoare a realităţii fizice va putea fi elaborată numai pe baza câmpurilor continue. Ideea este reluată şi dezvoltată în alte pasaje ale acestei lucrări.

9. Acest pasaj conţine probabil cea mai elaborată explicaţie a consecvenţei cu care autorul a urmărit, în ciuda eşecurilor repetate, elaborarea unei teorii generale, unificate a câmpului.

10. Nu este vorba aici doar de faptul că lui Einstein i se părea greu să continue o imaginară conversaţie în care Reichenbach critică punctul de vedere al unui gânditor de talia lui Poincaré. Se pare că, introducând acest nou personaj, *antipozitivistul*, Einstein intenţionează să pună în evidenţă sâmburele raţional al filosofiei lui Kant.

(Vezi în această privinţă şi G. Holton, *Einstein, Michelson et l'expérience „cruciale"*, în G. Holton, *L'invention scientifique. Themata et interpretation*, P.U.F., Paris, 1982, p. 323.) Cât priveşte teza convenţionalistă a lui Poincaré, poziţia lui Einstein în acest text pare să fie

mult mai nuanţată, dacă nu sensibil diferită de cea formulată în *Geometrie şi experienţă*, un text scris cu aproape treizeci de ani mai înainte.

În această privinţă vezi îndeosebi nota (2) la acest text şi pasajul la care se referă.

11. Se pare că autorul dezaprobă situarea empirismului modern, în speţă a empirismului logic, faţă de filosofia cunoaşterii a lui Kant.

El sugerează că se acordă o greutate prea mare unor erori istorice explicabile ale lui Kant şi nu se relevă, în schimb, marele progres pe care l-a reprezentat teoria kantiană a experienţei în raport cu cea a empirismului clasic.

12. Aceste scurte remarci critice la adresa concepţiei operaţionaliste asupra noţiunilor şi enunţurilor fizice exprimă o detaşare clară de un punct de vedere care pare să-i fi fost apropiat lui Einstein în prima perioadă a activităţii sale ştiinţifice, perioada în care a fost elaborată teoria restrânsă a relativităţii. Einstein a acceptat şi mai târziu, în expuneri ale teoriei relativităţii scrise în deceniul al doilea, însemnătatea definiţiei operaţionale a timpului. Nu este de mirare că mulţi fizicieni i-au atribuit şi mai târziu lui Einstein acest punct de vedere şi au fost surprinşi atunci când au fost dezminţiţi chiar de către creatorul teoriei relativităţii. Foarte interesantă este

din acest punct de vedere relatarea lui Heisenberg asupra unei discuţii cu Einstein în anul 1926. Heisenberg apăra în această discuţie noua teorie a cuantelor subliniind că în cadrul ei nu intervin decât mărimi observabile, ca frecvenţe de oscilaţie şi amplitudini ale electronilor în atom, şi nu traiectorii ale electronilor, care nu pot fi observate. La întrebarea lui Einstein dacă crede că o teorie fizică nu poate cuprinde decât mărimi observabile, tânărul fizician a răspuns: „Credeam că tocmai dumneavoastră aţi pus această idee la baza teoriei relativităţii? Aţi subliniat doar că nu avem voie să vorbim de timp absolut, căci nu putem observa acest timp absolut.

Numai indicaţiile ceasornicelor într-un sistem de referinţă în mişcare sau în repaus servesc drept criteriu pentru determinarea timpului”. Iată un fragment din răspunsul lui Einstein în reconstituirea pe care a dat-o Heisenberg mult mai târziu acestei conversaţii: „Poate am folosit acest fel de filosofie, dar ea este, în ciuda acestui fapt, un nonsens. Sau pot să spun mai precaut că poate avea valoare euristică să ne amintim de ceea ce observăm în mod real. Dar din punct de vedere principial este fals să dorim a întemeia o teorie numai pe mărimi ce pot fi observate. Căci în realitate lucrurile stau tocmai invers. Abia teoria decide asupra a ceea ce poate fi observat…

Numai teoria, adică cunoaşterea legilor naturii, ne permite aşadar să derivăm, pornind de la impresia senzorială, ceva asupra procesului ce-i stă la bază. Afirmaţia dumneavoastră că introduceţi numai mărimi observabile este în realitate o presupunere despre o însuşire a teoriei pe care vă străduiţi să o formulaţi”. (W. Heisenberg, *Der Teii und dos Ganze*, Piper Verlag, München, 1969, pp. 91 – 93.)

Fără a nega că în opera lui de tinereţe a fost în măsură să extragă o inspiraţie ştiinţifică pozitivă din teme ale unor filosofii empiriste ale cunoaşterii, Einstein a respins mai târziu în mod tot mai categoric aceste filosofii. Ph. Frank povesteşte că, la sfârşitul unei expuneri în cadrul unui congres al fizicienilor germani care a avut loc la Praga în 1929, expunere în care a criticat concepţia realistă asupra teoriei fizice susţinută de Planck în polemica lui cu Mach, a primit o replică din „partea lui A. Sommerfeld. Acesta a declarat că se situează pe punctul de vedere al omului care este pentru el nu numai cel mai mare fizician al timpului, ci şi primul filosof al fizicii, şi anume al lui Albert Einstein. Einstein, a spus Sommerfeld, respinge teoria pozitivistă a lui Mach şi a susţinătorilor săi care văd în propoziţiile fizicii doar o corelare a datelor de observaţie. Einstein susţine punctul de vedere, împărtăşit şi de Planck, după care enunţurile fizicii teoretice descriu o realitate în spaţiu şi timp, independentă de observator şi

de actul observaţiei. Într-o discuţie

237

cu Einstein, în 1932, Frank a reluat această temă atunci când Einstein s-a exprimat ironic cu privire la tendinţa unor fizicieni din tânăra generaţie de a respinge ca „metafizice" orice enunţuri despre mărimi fizice ce nu pot fi măsurate. „I-am spus atunci lui Einstein:

«Dar metoda de care vorbiţi a fost inventată de dumneavoastră încă din 1905.» El mi-a răspuns mai întâi cu umor: «Nu avem voie să repetăm prea des o glumă bună.» Apoi mi-a explicat în mod serios că... consideră în teoria relativităţii câmpul electromagnetic şi gravitaţional ca o realitate fizică, aşa cum s-a considerat înainte substanţa materială în mecanica lui Newton". (Ph. Frank, *Einstein, sein*

Leben una seine Zeit, Fr. Vieweg & Sohn, Braunschweig/Wiesbaden.

1979, p. 350.)

13. Această observaţie a lui Margenau îi oferă lui Einstein o ocazie bine venită de a-şi preciza încă o dată poziţia faţă de filosofia empiristă şi raţionalistă a cunoaşterii. Concepţia despre teoria ştiinţifică privită ca sistem ipotetic-deductiv este conturată prin detaşare atât faţă de concepţia empiristă tradiţională, inductivistă asupra teoriei, cât şi faţă de concepţia raţionalistă extremă despre teorie ca o cunoaştere prin raţiune pură. (Vezi în această privinţă şi un text scris cu mai mult de treizeci de ani înainte, *Discursul de recepţie la Academia Prusacă de Ştiinţe*, îndeosebi nota (1) şi pasajul la care se referă această notă.) Această concepţie reţine, totodată, ca element viabil al empirismului, ideea necesităţii controlului teoriei prin confruntare cu datele experienţei senzoriale. Ea conţine în acelaşi timp elemente de inspiraţie raţionalistă în măsura în care subliniază independenţa relativă a sistemului teoretic faţă de experienţă, faptul că acesta se confruntă cu experienţa nu element cu element, ci doar prin unele consecinţe particulare deduse din principiile teoriei. Menţinerea conceptelor şi principiilor

teoretice prea aproape de datele experienţei şi, respectiv, sustragerea într-un fel sau altul a sistemului teoretic unui control strict al experienţei reprezintă primejdii la care cercetătorul naturii se va expune prin supralicitarea situării empiriste sau raţionaliste, în termeni hegelieni, s-ar putea spune că Einstein apreciază empirismul şi raţionalismul, ca orientări epistemologice tradiţionale, drept adevărate prin ceea ce afirmă sau neagă în mod relativ şi false prin ceea ce afirmă sau neagă în mod absolut.

14. Este desigur o interpretare liberă a semnificaţiei filosofiei kantiene a cunoaşterii în lumina experienţelor pe care le oferă dezvoltarea ştiinţei exacte a naturii în epoca modernă. Descrierea şi înţelegerea „realităţii" este posibilă numai într-un anumit sistem de concepte a cărui valoare cognitivă poate fi validată doar prin

consecinţele empirice care sunt derivate din teorie, în acest sens este adevărat că orice experienţă, orice cunoaştere a realităţii, devine posibilă numai prin concepte şi scheme de gândire. Superioritatea unui sistem de concepte asupra altuia poate fi determinată prin consideraţii interne sau externe, prin consideraţii ce privesc atât simplitatea şi coerenţa sistemelor conceptuale alternative, cât şi consecinţele lor empirice. Sistemul teoretic care a fost găsit drept cel mai adecvat pe o anumită treaptă de dezvoltare a ştiinţei teoretice reprezintă „realitatea". A vorbi despre o cunoaştere a realităţii în sine, independent de construcţiile conceptuale ale oamenilor, în particular ale oamenilor de ştiinţă, nu are sens.

15. Acesta este aşa-numitul principiu al separabilităţii. Autorii paradoxului, adică Einstein, Podolski şi Rosen, îl consideră neproblematic, în afara oricărei discuţii şi îşi întemeiază în acest fel concluzia că descrierea mecanic-cuantică a realităţii fizice trebuie să fie completă. Pentru discuţia actuală asupra principiului separabilităţii vezi nota (11) la *Note autobiografice*.

16. Această afirmaţie este fundamentală. Insistenţa cu care a reluat Einstein decenii de-a rândul argumentarea caracterului incomplet al descrierii mecanic-cuantice a realităţii fizice poate fi înţeleasă numai dacă avem în vedere că el considera, pe drept cuvânt, acceptarea sau respingerea acestei concluzii ca fiind de o însemnătate hotărâtoare pentru orientarea strategică a cercetării şi, în acest sens, pentru destinele fizicii teoretice. El nu vedea controversa cu susţinătorii „interpretării ortodoxe" a mecanicii cuantice ca o discuţie academică între fizicieni cu interese filosofice, ci ca o înfruntare al cărei deznodământ decide asupra direcţiei în care se îndreaptă căutările fizicienilor teoreticieni. Vezi şi notele (4), (5), (6) şi (7).

17. O revenire la concluzia de mai sus: interpretarea larg acceptată a mecanicii cuantice se susţine numai dacă respingem principiul separabilităţii, al acţiunii fizice din aproape în aproape.

18. Această ultimă afirmaţie distanţează clar punctul de vedere al lui Einstein de mentalitatea pozitivistă a marii majorităţi a oamenilor de ştiinţă exactă, cel puţin în epoca formării sale ca cercetător al naturii.

19. Prin asemenea consideraţii Einstein urmăreşte să pună în lumină natura particulară, aparte a interesului cercetătorului pentru analiza filosofică a cunoaşterii. El întreprinde asemenea analize sau se interesează de ele nu atât pentru a aduce o contribuţie la înţelegerea sistematică a cunoaşterii, cât pentru clarificarea unor probleme conceptuale şi metodologice ce prezintă însemnătate pentru orientarea cercetării. Din acest punct de vedere filosofia

cercetătorului naturii se deosebeşte prin intenţiile ei de construcţiile filosofului profesionist al ştiinţei.

20. Termeni ca *idealist*, *pozitivist* şi *platonist* sunt utilizaţi aici într-un mod destul de liber. Ei nu trebuie să fie luaţi în sensul pe care îl au pentru adepţii sau interpreţii unei teorii *idealiste*, *pozitiviste* sau *platonice* a cunoaşterii.

Autorul vizează prin ei doar o anume temă a acestor filosofii, temă ce poate să aibă valoare euristică pentru orientarea gândirii şi acţiunii omului de ştiinţă în anumite situaţii problematice ale cercetării.

21. În principiu, Einstein admite că intuiţiile ce orientează gândirea cercetătorului pot fi greşite; el nu are însă o altă bază pentru activitatea sa decât aceste intuiţii.

OBSERVAŢII PRELIMINARE
CU PRIVIRE LA
CONCEPTELE FUNDAMENTALE

Aş dori să spun câteva cuvinte introductive la contribuţia pentru acest volum, pe care am redactat-o împreună cu doamna F. Kaufman, în singura limbă în care mă pot exprima cu o oarecare uşurinţă. Sunt cuvinte de scuză. Ele vor să arate de ce eu, deşi am participat în tinereţe cu admiraţie la descoperirea vizionară de către Louis de Broglie a corelaţiei interne dintre stările cuantice discrete şi stările de rezonanţă, am căutat totuşi neîncetat să rezolv pe o cu totul altă cale misterul cuantic (*das Quantenriitsel*) sau cel puţin să ajut la pregătirea unei soluţii.1 Această căutare se întemeiază pe o adâncă nemulţumire de natură principială pe care mi-a provocat-o teoria cuantică statistică. Ştiu bine că un asemenea sentiment nu-i este cu totul străin nici lui L. de Broglie. Aceasta reiese cu claritate din încercarea pe care a făcut-o în anii ’20 de a întregi teoria cuantică ondulatorie astfel încât ea să ofere o descriere completă a configuraţiei unui sistem dependent de timp, în cadrul conceptelor mecanicii clasice (punct material, energie potenţială), o idee la care a ajuns în curând şi domnul D. Bohm, fără a cunoaşte lucrările lui de Broglie

(*Theorie de l’onde pilote*).

Nu mă îndoiesc de faptul că teoria cuantică actuală (mai exact „mecanica cuantică”) este teoria care se află în cel mai deplin acord cu experienţa, în măsura în care se iau drept concepte de bază ale descrierii cele de punct material şi energie potenţială. Ceea ce găsesc însă nesatisfăcător la această teorie s-ar putea exprima în mod

diferit în funcţie de interpretarea ce i se conferă „funcţiei y”, în oricare caz însă, concepţia mea are ca punct de plecare o teză pe care o neagă decis majoritatea teoreticienilor actuali:

241

Există ceva de genul „stării reale” a unui sistem fizic, a cărui existenţă obiectivă este independentă de orice observaţie sau măsurare şi care, în principiu, poate fi descrisă cu mijloacele de expresie ale fizicii. (Ce tip de mijloace de expresie sau concepte fundamentale adecvate trebuie să fie folosit în această descriere, nu ne este, după părerea mea, cunoscut actualmente – puncte materiale? câmp? mijloace de determinare ce vor trebui de-abia inventate?) Această teză a realităţii nu are semnificaţia unui enunţ clar prin sine, din cauza naturii lui „metafizice”; el are doar un caracter programatic. Toţi oamenii, inclusiv teoreticienii mecanicii cuantice, susţin această teză, cu excepţia cazului în care ei discută despre fundamentele mecanicii cuantice. Nimeni nu se îndoieşte, de exemplu, de faptul că la un moment dat există o situaţie determinată a centrului de greutate al Lunii, chiar dacă n-ar exista niciun observator real sau potenţial. Dacă se renunţă la această teză a realităţii, ce pare la o analiză logică pur arbitrară, atunci devine o problemă dificilă eliberarea de solipsism, în sensul acestor afirmaţii nu mă ruşinez să fac din conceptul de „stare reală a unui sistem” punctul central al consideraţiilor mele.2

Fără îndoială, funcţia y reprezintă un gen de descriere a „stării reale”, întrebarea este însă dacă această descriere caracterizează în mod complet sau în mod incomplet starea reală. Oricare dintre poziţiile ce se pot lua în această privinţă conduce la dificultăţi.

Prima ipoteză: descrierea este completă. Atunci un corp care pluteşte în spaţiu în absenţa forţelor va avea cu atât mai puţin o situaţie determinată (faţă de sistemul inerţial), cu cât

— După ecuaţia lui Schrödinger – lăsat liber, el se modifică mai mult; observaţia ulterioară ne indică însă o

situaţie cvasideterminată. Dacă descrierea prin funcţia \/ ar fi realmente o descriere completă a sistemului, atunci ar trebui să tragem concluzia că situaţia cvasideterminată reprezintă numai o consecinţă a observaţiei, înainte de observaţie ea neexistând. Această concluzie este însă intuitiv inacceptabilă atunci când avem de-a face cu un macrocorp şi nu cu vreun electron sau atom. (Faptul că producerea unei configuraţii imprecise necesită conform teoriei un timp mare, arunci când

corpul are o masă considerabilă, nu ne poate fi de ajutor, deoarece aceste intervale de timp nu mai sunt atât de importante pentru corpuri vizibile doar microscopic.) Nu este vorba, în sensul teoriei, nici de faptul că la momentul iniţial configuraţia trebuia să fie cvasiprecisă.

Suntem de aceea obligaţi să considerăm descrierea unui sistem printr-o funcţie y ca o descriere incompletă a stării reale. Există şi alte consideraţii care ne duc la această concluzie. Mecanismul teoriei cuantice este astfel alcătuit încât funcţia y a unui subsistem care reprezintă o parte a unui sistem total alcătuit din două subsisteme se poate obţine în mod diferit în funcţie de modul în care se înfăptuieşte măsurarea (completă) asupra celui de-al doilea subsistem. Lucrul acesta se produce şi atunci când cele două subsisteme sunt, în timpul măsurării, spaţial separate unul de celălalt.

Dacă funcţia \/ ar descrie starea reală în mod complet, atunci ar însemna că măsurarea efectuată asupra celui de-al doilea subsistem influenţează starea reală a primului subsistem, ceea ce ar corespunde unui gen de cuplare nemijlocită a unor lucruri spaţial separate. Şi această posibilitate trebuie s-o considerăm exclusă pe baza intuiţiei. Se ajunge astfel la rezultatul că descrierea stării prin funcţia \/ trebuie considerată incompletă.3

A doua ipoteză: descrierea prin funcţia \/ este incompletă. Aceasta ne conduce la concluzia că trebuie să existe o descriere completă şi la concepţia după care condiţiile unei descrieri complete, şi nu ale uneia

incomplete, ţin de înseşi legile veritabile ale naturii. Dar atunci cu greu putem evita bănuiala că natura statistică a teoriei este determinată de incompletitudinea descrierii, neavând nimic de-a face cu obiectele aşa cum sunt ele în realitate.4

Asemenea reflecţii au contribuit, probabil, şi la formularea „teoriei undei-pilot”; în orice caz, această teorie evită dificultăţile descrise mai sus. L. de Broglie a arătat el însuşi, de curând, de ce a părăsit această cale. Pentru mine, teoria cuantică statistică oferă la fel de puţin un punct de plecare util pentru formularea unei teorii complete, după cum nu putea teoria mişcării browniene, bazată pe mecanica clasică şi pe legea presiunii osmotice, să ofere un punct de plecare util

243

pentru formularea cineticii molecular-mecanice, admiţând că teoria mişcării browniene ar fi apărut înaintea acesteia din urmă.

Această opinie mi-a fost întărită de următoarea reflecţie.

Teoria cuantică statistică îşi datorează apariţia, cel puţin parţial, împrejurării că acţiuni oricât de slabe nu pot genera decât modificări finite ale stării unui sistem, în cazul efectului

Compton, de exemplu, se pare că un tren de unde de o amplitudine oricât de mică şi având o extindere finită nu poate transmite unui electron decât o energie determinată finită.

Ar părea astfel că un câmp slab n-ar putea acţiona pentru transportul unei energii finite, ci doar pentru probabilitatea mică a unui asemenea transport. Dar, pentru a putea concepe probabilitatea pentru o modificare ca o schimbare de stare efectivă a electronilor, ar trebui inventată „starea cuantică” ce constă aici dintr-o superpoziţie a stărilor individuale de energii diferite ale electronilor, fiecărei stări individuale corespunzându-i o amplitudine de probabilitate. Se creează astfel posibilitatea de a pune în corespondenţă acţiunii

câmpurilor slabe modificări mici ale acelor amplitudini de probabilitate, adică a „stărilor” şi, prin aceasta, de a se reduce matematic procesul aparent discontinuu al modificărilor finite ale vitezelor la o modificare continuă a amplitudinilor de probabilitate.

Preţul pe care-l plătim pentru această reducere este introducerea stărilor reale compuse dintr-un număr infinit de stări energetice diferite. Necesitatea acestei jertfe este condiţionată de credinţa într-o cunoaştere efectivă a naturii fizice a acţiunii (aici câmpul de unde slab şi limitat). Iar aceasta e corelată cu faptul că în teoria cuantică se menţine ferm conceptul clasic de forţă, respectiv de energie potenţială, doar legea de mişcare fiind înlocuită prin ceva de un gen cu totul nou. Perfecţiunea mecanismului matematic al teoriei şi succesul remarcabil al acesteia au abătut atenţia de la tăria jertfei pe care teoria a adus-o.

Eu consider însă că în cele din urmă va trebui să se recunoască necesitatea introducerii în locul conceptului de forţă activă sau de energie potenţială (sau pentru efectul Compton) al aceluia de câmp de unde, care să posede o structură

atomistă, în acelaşi sens ca şi electronul însuşi. „Câmpuri slabe”, respectiv forţe care să reprezinte cauzele active, nu vor mai exista în general, la fel de puţin ca şi stările mixte.

O singură observaţie finală: Străduinţele mele de a completa teoria generală a relativităţii prin generalizarea ecuaţiilor gravitaţiei au drept origine parţială ipoteza că o teorie raţională a câmpului în relativitatea generală ar putea eventual oferi cheia pentru o teorie cuantică mai bună. Aceasta este o simplă speranţă, şi nu o convingere.5 Există multe argumente împotriva opiniei că o descriere reală, întemeiată pe ecuaţii diferenţiale (teorie de câmp), ar putea da seama în genere de natura atomistă a realităţii. Aceste obiecţii nu au însă, în măsura în care le pot judeca, un caracter constrângător; pe de altă parte,

până acum nu avem deloc o altă cale pentru a formula legile relativiste, generalizate.

NOTE

1. Eşecurile repetate ale încercărilor lui Einstein de a elabora o teorie unificată a câmpului, din care să poată fi derivate şi fenomenele cuantice, l-au condus, se pare, spre sfârşitul vieţii, către o atitudine mai reticentă. În acest sens ar putea fi înţeleasă aprecierea că eforturile sale reprezintă doar o contribuţie „la pregătirea unei soluţii".

2. Ca şi în alte texte, Einstein afirmă fără echivoc că sâmburele divergenţelor sale cu fizicienii ce susţineau interpretarea şcolii de la Copenhaga este de natură principială, în esenţă filosofică. Dezacordul se referă la obiectul descrierii teoretice şi la cerinţele generale ale unei descrieri teoretice în fizică. Einstein este pe deplin conştient că punctul de vedere pe care îl adoptă fizicianul teoretician în această privinţă reprezintă o opţiune ce nu este susceptibilă să primească o întemeiere obiectivă, în acest sens el consideră teza sa realistă drept „metafizică" şi arbitrară din punct de vedere logic, în sensul că nu poate fi derivată dintr-un principiu mai general acceptat de toţi teoreticienii. Referirea la existenţa obiectivă a centrului de greutate al Lunii este semnificativă, deoarece indică limpede că Einstein nu recunoaşte vreo particularitate situaţiei de cunoaştere din fizica atomică şi necesitatea de a reconsidera conceptul de realitate fizică în lumina noilor corelaţii descoperite în acest

domeniu. El afirmă că fizicienii care nu acceptă teza lui realistă ar fi ameninţaţi de spectrul solipsismului.

3. Pentru alte expuneri ale acestui paradox al lui Einstein, vezi

Mecanica cuantică şi realitatea. *Note autobiografice* şi *Observaţii asupra articolelor reunite în acest volum*.

4. Ca şi în alte texte pe care le-a scris în anii săi târzii asupra situaţiei problematice din fundamentele fizicii, argumentarea lui

Einstein este aici foarte simplă. Ea poate fi redusă la

doi paşi: a)

evidenţierea caracterului incomplet al descrierii realităţii fizice în mecanica cuantică; b) necesitatea unei descrieri complete a realităţii fizice, o descriere care nu este posibilă decât ieşind în afara cadrului conceptual al mecanicii cuantice.

5. Einstein revine la ideea că programul său de cercetare nu are o întemeiere obiectivă în măsura în care se sprijină pe o reprezentare asupra condiţiilor generale ale descrierii teoretice a realităţii fizice, o reprezentare ce nu poate fi susţinută cu argumente constrângătoare de ordin formal sau experimental, în acest sens, el îşi califică programul drept o „speranţă". Einstein rămâne deschis faţă de alte posibilităţi de a realiza dezideratul a ceea ce el numeşte „o descriere completă a realităţii fizice". El este însă inflexibil în ceea ce priveşte menţinerea acestei exigenţe. Ataşamentul său faţă de programul teoriei unitare a câmpului este motivat exclusiv de considerentul că nu vede o alternativă la acest program. Pentru o exprimare clară în această privinţă, vezi *Observaţii asupra articolelor reunite în acest volum*.

III

ŞTIINŢĂ ŞI ÎNŢELEPCIUNE:
CE TREBUIE SĂ FACEM ŞI
CE PUTEM SPERA
CUM VĂD EU LUMEA?

Cât de ciudată este situaţia noastră, copii ai Pământului.

Fiecare este aici pentru o scurtă vizită. El nu ştie de ce, dar uneori crede că o simte. Din punctul de vedere al vieţii de fiecare zi, fără o reflecţie mai adâncă, se ştie că suntem aici pentru ceilalţi oameni, mai întâi pentru aceia de al căror surâs şi sănătate atârnă în întregime propria fericire, şi apoi şi pentru cei mulţi necunoscuţi cu a căror soartă ne înlănţuie o legătură a simpatiei, în fiecare zi mă gândesc de nenumărate ori că viaţa mea lăuntrică şi exterioară se sprijină pe munca oamenilor de astăzi, ca şi pe a celor morţi, că trebuie să mă strădui pentru a da în

aceeaşi măsură în care am primit şi primesc încă. Simt nevoia de cumpătare şi am adesea sentimentul apăsător de a pretinde mai mult decât este necesar din munca semenilor mei. Deosebirile sociale de clasă le resimt ca nejustificate şi ca sprijinindu-se în cele din urmă pe forţă – şi mai cred că o viaţă exterioară simplă şi lipsită de pretenţii este bună pentru fiecare, pentru corp şi pentru spirit.

Nu cred în libertatea omului în sens filosofic. Fiecare acţionează nu numai sub constrângeri exterioare, ci şi potrivit necesităţii lăuntrice. Sentinţa lui Schopenhauer: „Un om poate să facă, ce-i drept, ce vrea, dar nu să voiască ceea ce vrea”.

m-a pătruns încă din tinereţe şi mi-a fost întotdeauna o alinare la priveliştea asprimii vieţii, un ajutor în îndurarea acesteia şi un izvor nesecat de toleranţă. Conştiinţa acestui fapt slăbeşte în mod plăcut simţul răspunderii ce poate uşor să aibă o acţiune paralizantă şi face să nu ne luăm pe noi şi pe ceilalţi prea în serios; ea conduce la o concepţie despre viaţă ce face loc şi umorului.

249

Mi s-a părut întotdeauna lipsit de sens, dintr-un punct de vedere obiectiv, să ne întrebăm asupra semnificaţiei şi ţelului propriei existente, ca şi a existenţei fiinţelor în general. Şi totuşi, fiecare om are anumite idealuri care îi orientează străduinţa şi judecata, în acest sens, plăcerea şi fericirea nu mi-au apărut niciodată ca scopuri în sine (numesc această bază etică idealul turmei de porci). Idealurile mele, care m-au călăuzit şi mi-au dat curajul de a înfrunta greutăţile vieţii, au fost binele, frumosul şi adevărul. Fără sentimentul acordului cu cei care gândesc la fel, fără îndeletnicirea cu ceea ce este obiectiv, cu ceea ce rămâne întotdeauna de neatins pe tărâmul artei şi al cercetării ştiinţifice, viaţa mi s-ar părea goală. Ţelurile banale ale străduinţelor omeneşti, proprietate, succes exterior, lux, mi s-au părut din tinereţe demne de dispreţ.

Simţul meu pătimaş pentru echitate socială şi responsabilitate socială a stat întotdeauna într-o opoziţie ciudată cu o lipsă pronunţată a nevoii nemijlocite de contact cu oamenii şi comunităţile omeneşti. Sunt un adevărat solitar ce nu aparţine cu întreaga sa inimă statului, patriei, cercului de prieteni, nici chiar cercului strâns al familiei, care a resimţit un sentiment niciodată ostoit de înstrăinare şi o nevoie de singurătate, ce au crescut şi mai mult cu vârsta. Am trăit în mod ascuţit, dar fără părere de rău, graniţele înţelegerii şi armoniei cu alţi oameni. Un asemenea om pierde desigur o parte din seninătate şi nepăsare, dar el este în schimb în mare măsură independent de părerile, obiceiurile şi judecăţile semenilor săi şi nu este supus niciodată ispitei de a-şi sprijini echilibrul pe o bază atât de puţin solidă.

Idealul meu politic este cel democratic. Fiecare om trebuie respectat ca persoană, şi niciunul divinizat. Este o ironie a sorţii că ceilalţi oameni mi-au exprimat tocmai mie mult prea multă admiraţie şi stimă, fără vina mea, dar şi fără ca meritul meu să o îndreptăţească. Aceasta poate să provină din dorinţa, pentru mulţi de neîmplinit, de a înţelege câteva idei pe care le-am găsit cu puterile mele slabe, printr-o luptă necontenită. Ştim desigur prea bine că pentru atingerea unui ţel de ordin organizatoric este nevoie ca un individ să gândească şi să dispună şi să aibă în linii mari răspunderea.

Dar cei conduşi nu trebuie să fie constrânşi, ci să poată alege conducătorul. Un sistem autocrat de constrângere degenerează, după părerea mea, în scurt timp. Violenţa îi atrage întotdeauna pe cei lipsiţi de valoarea morală şi, după convingerea mea, este o lege ca tiranii geniali să aibă nemernici drept urmaşi. Din acest motiv am fost întotdeauna un duşman înfocat al unor asemenea sisteme cum sunt cele pe care le cunoaştem azi în Italia şi Rusia.

Discreditarea formei democratice ce domină astăzi în Europa nu se datorează principiului democratic de bază, ci

lipsei de stabilitate a vârfurilor guvernelor şi caracterului impersonal al modalităţii în care se face alegerea. Cred însă că Statele Unite ale Americii de Nord au găsit în această privinţă ceea ce este potrivit: ele au un preşedinte responsabil ales pe o perioadă de timp suficient de lungă, care are destulă putere pentru a fi în fapt cel ce poartă răspunderea. Pe de altă parte, preţuiesc în mecanismul nostru de stat grija mai mare pentru individ în caz de boală şi sărăcie. Ceea ce este propriu-zis valoros în treburile omeneşti mi se pare a fi nu statul, ci individul creator şi sensibil, personalitatea: el singur creează nobilul şi sublimul, în timp ce turma rămâne ca atare obtuză în gândire şi în simţire.

În legătură cu acest subiect, ajung la cea mai josnică creatură a turmei, la militar, pe care îl urăsc. Pe cel ce poate mărşălui cu plăcere în formaţie, după sunetele muzicii, pe acela îl dispreţuiesc; el a primit un creier mare numai din greşeală, căci şira spinării i-ar fi fost de ajuns.

Această ruşine a civilizaţiei ar trebui înlăturată cât mai repede cu putinţă. Eroism la comandă, violenţă lipsită de sens şi nesuferitele atitudini patriotarde, cât de înfocat le urăsc, ce josnic şi demn de dispreţ îmi apare războiul; m-aş lăsa mai degrabă tăiat în bucăţi decât să particip la o treabă atât de mizerabilă! Gândesc totuşi atâta bine despre oameni ca să cred că această nălucă ar fi dispărut de mult dacă simţul sănătos al popoarelor nu ar fi fost corupt în mod sistematic, prin şcoală şi presă, de cercuri de afaceri şi politice interesate.

Lucrul cel mai frumos pe care îl putem trăi este tainicul.

Este simţământul ce stă la leagănul adevăratei arte şi ştiinţe. Cine nu îl cunoaşte, cel care nu se mai poate mira, nu se

mai poate minuna, acela este, pentru a spune aşa, mort, iar ochii săi sunt închişi. Trăirea tainicului, chiar dacă amestecată cu frica, a produs şi religia. Cunoaşterea existentei a ceva de nepătruns pentru noi, a manifestărilor

celei mai adânci raţiuni şi a celei mai luminoase frumuseţi, ce sunt accesibile raţiunii noastre numai în formele lor cele mai primitive, această cunoaştere şi acest simţământ constituie adevărata religiozitate, în acest sens, şi numai în acest sens, mă număr printre oamenii profund religioşi.

Nu îmi pot închipui un Dumnezeu care răsplăteşte sau pedepseşte obiectul creaţiei sale, care are în genere o voinţă de felul celei pe care o cunoaştem noi. Nu pot să gândesc, de asemenea, un individ ce supravieţuieşte morţii trupului său. Să nutrească inimile slabe, din frică sau din egoism ridicol, asemenea idei! Mie îmi ajunge misterul eternităţii vieţii, conştiinţa şi presimţirea alcătuirii minunate a existentului, ca şi străduinţa umilă spre cuprinderea unei părţi cât de mici a acelei raţiuni ce se manifestă în natură.

RELIGIE ŞI ŞTIINŢĂ

Tot ce este făcut şi născocit de oameni serveşte satisfacerii nevoilor pe care le resimt şi alinării durerilor. Să nu uităm niciodată acest lucru dacă vrem să înţelegem mişcările spirituale şi dezvoltarea acestora. Căci simţirea şi nostalgia sunt impulsul aspiraţiilor şi realizărilor omeneşti, oricât de înălţătoare ni s-ar înfăţişa acestea din urmă. Care sunt, aşadar, simţămintele şi nevoile care i-au condus pe oameni spre gândirea religioasă şi spre credinţă în sensul cel mai larg?

Dacă reflectăm asupra acestui lucru, ne dăm seama de îndată că lângă leagănul gândirii şi trăirii religioase stau cele mai diferite simţăminte. La primitivi este mai întâi frica cea care dă naştere la reprezentări religioase. Frica de foame, animale sălbatice, boală, moarte. Deoarece pe această treaptă a existentei înţelegerea relaţiilor cauzale este de obicei redusă, spiritul omenesc născoceşte fiinţe mai mult sau mai puţin asemănătoare, de a căror voinţă şi acţiune depind trăirile temute. Se încearcă să se înrâurească în mod favorabil starea de spirit a acelor fiinţe, înfăptuindu-se acte şi aducându-se jertfe care, potrivit credinţei transmise proprii unei seminţii sau alteia, sunt în măsură să le îmblânzească şi să le facă

binevoitoare faţă de oameni. Vorbesc în acest sens de religia fricii (*Furcht-Religion*). Aceasta nu este produsă, dar este totuşi în mod esenţial consolidată prin formarea unei caste aparte a preoţilor care se dă drept mijlocitoare între fiinţele temute şi popor şi îşi întemeiază în acest fel o poziţie predominantă. Adesea conducătorul sau stăpânitorul, care se sprijină pe alţi factori, sau clasă privilegiată, unesc, pentru a fi mai siguri, stăpânirea lor lumească cu cele mai înalte

253

funcţii sacerdotale sau ia naştere o comuniune de interese între cei ce stăpânesc din punct de vedere politic şi casta preoţilor.

O a doua măsură a organizării religioase sunt sentimentele sociale. Tatăl şi mama, conducătorii unor comunităţi omeneşti mai mari sunt muritori şi supuşi greşelii. Nostalgia conducerii, iubirii şi sprijinului dă impulsul alcătuirii conceptului social, respectiv moral al lui Dumnezeu. Este Dumnezeul providenţei care ocroteşte, hotărăşte, răsplăteşte şi pedepseşte. Este Dumnezeul care, potrivit orizontului omului, iubeşte şi protejează viaţa seminţiei, a omenirii, viaţa în genere, consolatorul celor nefericiţi şi cu aspiraţii neîmplinite, cel ce ocroteşte sufletele celor morţi. Acesta este Dumnezeul social sau moral.

Încă în Cartea Sfântă a poporului evreu poate fi observată evoluţia de la religia morală, evoluţie care se continuă în Noul Testament. Religiile tuturor popoarelor civilizate, cu deosebire cele ale popoarelor din *Orient*, sunt în principal religii morale. Evoluţia de la religia fricii la religia moralei reprezintă un progres important în viaţa popoarelor. Trebuie să ne ferim însă de prejudecata că religiile primitivilor ar fi religii ale fricii pure, iar cele ale popoarelor civilizate, religii morale pure. Toate sunt mai degrabă tipuri mixte, în aşa fel însă că pe treptele mai înalte ale vieţii sociale domină religia moralei.

Tuturor acestor tipuri le este comun caracterul antropomorf ic al ideii divinităţii. Deasupra acestei trepte a

trăirii religioase obişnuiesc să se ridice în mod esenţial doar indivizi deosebit de bogaţi sau comunităţi deosebit de nobile. Toţi cunosc însă şi o a treia treaptă a trăirii religioase, chiar dacă doar rar într-un contur clar; o voi numi religiozitate cosmică. Aceasta poate fi dezvăluită doar greu celui ce nu are nimic comun cu ea, mai cu seamă că ei nu îi corespunde un concept de

Dumnezeu asemănător omului.1

Individul simte deşertăciunea dorinţelor şi ţelurilor omeneşti, sublimul şi ordinea minunată ce se dezvăluie în natură şi în lumea gândirii. El resimte existenţa individuală ca un fel de închisoare şi vrea să trăiască tot ceea ce fiinţează ca pe ceva unitar şi cu sens. Începuturi ale religiozităţii

254

cosmice se găsesc deja pe o treaptă de dezvoltare mai timpurie, bunăoară în unii psalmi ai lui David, ca şi la unii profeţi.

Mult mai puternică este componenta religiozităţii cosmice în budism, cum ne-au învăţat îndeosebi minunatele scrieri ale lui Schopenhauer.2

Geniile religioase ale tuturor timpurilor se disting prin această religiozitate ce nu cunoaşte nicio dogmă şi niciun

Dumnezeu ce ar putea fi gândit după chipul şi asemănarea omului. Nu poate exista de aceea nicio biserică a cărei învăţătură fundamentală să se sprijine pe religiozitatea cosmică. Aşa se întâmplă că noi găsim tocmai printre ereticii tuturor timpurilor oameni stăpâniţi de această religiozitate superioară, care apăreau contemporanilor adesea ca atei, uneori şi ca sfinţi.3 Din acest punct de vedere bărbaţi ca Democrit, Francisc din Assisi şi Spinoza sunt aproape unul de altul.

Cum poate religia cosmică să fie transmisă de la un om la altul dacă ea nu poate duce la un concept conturat al lui

Dumnezeu (*geformter Gottesbegriff*) şi la o teologie? Mi se pare că funcţia cea mai însemnată a artei şi ştiinţei

este de a trezi şi de a menţine viu acest simţământ la cei ce sunt în stare să-l trăiască.4

Ajungem astfel la o concepţie despre relaţia dintre religie şi ştiinţă care este cu totul diferită de cea obişnuită.5 Suntem înclinaţi, potrivit unui examen istoric, să socotim ştiinţa şi religia drept duşmani de neîmpăcat, şi aceasta dintr-un motiv uşor de înţeles. Pentru cel care este pătruns de ideea legităţii cauzale a tot ce se întâmplă, ideea unei fiinţe ce intervine în desfăşurarea evenimentelor lumii este cu totul imposibilă, presupunând fireşte că el ia într-adevăr în serios ipoteza cauzalităţii. Religia fricii nu are la el niciun loc, şi tot atât de puţin religia societăţii, respectiv a moralei. Un Dumnezeu ce răsplăteşte şi pedepseşte este pentru el de negândit fie şi deoarece omul care acţionează potrivit legităţii exterioare şi interioare ar fi tot atât de puţin răspunzător din punctul de vedere al lui Dumnezeu, ca şi un obiect lipsit de viaţă, de mişcările pe care le face. S-a reproşat de aceea ştiinţei că subminează morala, dar desigur în mod nedrept. Comportarea morală a omului poate fi întemeiată eficient pe milă, educaţie şi solidaritate socială şi nu are nevoie de un fundament

religios. Ar fi trist pentru oameni dacă ei ar trebui să fie ţinuţi în frâu prin frica de pedeapsă şi speranţa în răsplata după moarte.

Este aşadar uşor de înţeles că bisericile au combătut dintotdeauna ştiinţa şi i-au urmărit pe adepţii ei. Pe de altă parte, eu susţin că religiozitatea cosmică constituie impulsul cel mai puternic şi mai nobil al cercetării ştiinţifice. Numai cel ce poate cântări sforţările uriaşe şi, înainte de toate, dăruirea, fără de care nu poate lua naştere creaţia ştiinţifică deschizătoare de noi drumuri, va putea aprecia puterea simţământului, singurul din care poate să crească o muncă detaşată de viaţa practică nemijlocită. Ce credinţă profundă în raţiunea alcătuirii lumii şi ce aspiraţie spre înţelegerea chiar şi numai a unui reflex neînsemnat al raţiunii ce se dezvăluie în această

lume trebuie să fi fost vii în Kepler şi Newton pentru ca ei să poată descifra mecanismul mecanicii cereşti în munca solitară a multor ani? 6 Cel ce cunoaşte cercetarea ştiinţifică în principal numai din consecinţele ei practice ajunge uşor la o concepţie cu totul nepotrivită despre starea de spirit a bărbaţilor care, înconjuraţi de contemporani sceptici, au arătat calea celor ce gândesc la fel, presăraţi prin ţările

Pământului şi de-a lungul secolelor. Numai cel ce şi-a consacrat viaţa unor ţeluri asemănătoare poate să aibă o reprezentare vie despre ceea ce i-a însufleţit pe aceşti oameni şi le-a dat puterea să rămână credincioşi ţelului, în ciuda nenumăratelor eşecuri. Religiozitatea cosmică este cea care dă asemenea forţe. Un contemporan a spus, nu fără dreptate, că în epoca noastră orientată în general practic, singurii oameni adânc religioşi sunt cei mai serioşi dintre cercetători.

NOTE

1. Ceea ce Einstein desemnează aici prin expresia *religiozitatea cosmică* nu este o religie în sensul obişnuit, convenţional, al termenului, aşa cum reiese clar şi din cele ce urmează. Ideile pe care oamenii le consideră în mod obişnuit drept constitutive pentru orice concepţie religioasă despre lume – existenţa unor fiinţe supranaturale, viaţa după moarte şi răsplata sau pedeapsa în viaţa după

256

moarte – nu pot fi asociate aşa-numitei *religiozităţi cosmice*. Cu deosebire în corespondenţa sa, Einstein a spus clar că dogmele religiilor tradiţionale i se par inacceptabile nu numai fiindcă nu pot fi împăcate cu rezultate ale cunoaşterii obiective, ci şi în măsura în care nu i se par de natură să promoveze convingeri şi valori morale autentice, în amurgul vieţii sale (la 17 iulie 1952), Einstein îi scria celui mai apropiat prieten al său, lui M. Besso: „Cei care au inventat credinţa unei vieţi individuale după moarte trebuie să fi fost nişte oameni de nimic”. (A. Einstein, M. Besso, *Correspondance 1903 – 1955*.

Hermann, Paris, 1979, p. 277.) Acestea nu sunt cuvintele unui tânăr neconformist, ci ale unui om în vârstă de 73 de ani! Einstein foloseşte de cele mai multe ori cuvântul *religie* pentru a desemna acele convingeri pe care le califică drept premise ale activităţii omului de ştiinţă teoretică, în primul rând convingerea că universul este inteligibil şi poate fi cunoscut în mod raţional; aceste convingeri nu sunt susceptibile de o întemeiere ştiinţifică obiectivă şi pot fi socotite, în acest sens, drept *credinţe*. El a prevenit nu o dată împotriva unor răstălmăciri interesate ale punctului său de vedere.

Astfel, într-o scrisoare către M. Solovine din acelaşi an 1952, Einstein sublinia că religia sa cosmică nu are nimic comun cu religia în sensul obişnuit al cuvântului şi observa că se vede nevoit să facă asemenea precizări deoarece s-ar putea crede că, „slăbit de vârstă, am devenit o pradă a popilor”. Cât de radical era punctul de vedere al lui Einstein în epoca sa şi în mediul social în care a trăit se poate vedea mai bine dacă îl comparăm cu cel al altui fizician teoretician de prim rang, M. Planck, despre raportul dintre ştiinţa naturii şi ceea ce acesta numeşte „adevărata religie”. (Vezi M.

Planck, *Religion und Naturwissenschaft*, J.A. Barth, Leipzig, 1941, îndeosebi pp. 2 & – 32.)

2. A. Schopenhauer pare să fie unul din puţinii filosofi pe care

Einstein i-a citit încă din tinereţe. Einstein îl admira mult pe Schopenhauer ca maestru al limbii, creator al unor imagini cu mare putere sugestivă. Se povesteşte că în camera sa de lucru din locuinţa de la Berlin savantul ţinea alături de portretele lui Faraday şi Maxwell un portret al lui Schopenhauer. Există şi alte motive pentru care Einstein aminteşte nu o dată numele acestui filosof. Se pare că Einstein a fost impresionat de motivul contemplaţiei pure, dezinteresate, atât de pregnant în filosofia lui Schopenhauer, căruia i-a dat o transfigurare originală; ţinta supremă a teoreticianului este dezvăluirea şi contemplarea ordinii raţionale a universului.

3. Se relatează că Einstein a răspuns întrebării rabinului H.S.

Goldstein din New York „Credeţi în Dumnezeu?” în următoarele cuvinte: „Cred în Dumnezeul lui Spinoza care se exprimă în

257

armonia existenţei, nu într-un Dumnezeu ce se îndeletniceşte cu destinele şi acţiunile oamenilor”. Einstein vedea în panteismul lui

Spinoza cea mai izbutită prefigurare a credinţei sale în inteligibilitatea universului.

4. O asemenea exprimare *sugerează* că în „religiozitatea cosmică” cuvântul „Dumnezeu” este o analogie pentru sentimentul profund al unităţii, ordinii, armoniei şi raţionalităţii existenţei. Pentru o indicaţie în acest sens vezi şi textul *Religiozitatea cercetării*.

5. Aceasta numai deoarece şi sensul pe care îl dă autorul cuvântului „religie” este cu totul diferit de cel comun.

6. Fără îndoială că, referindu-se la marii creatori de ştiinţă din trecut, Einstein vorbeşte aici şi despre propria lui muncă, despre propria lui experienţă cu privire la impulsurile şi presupoziţiile creaţiei în ştiinţa teoretică.

SCRISOARE CĂTRE

ACADEMIA PRUSACĂ DE ŞTIINŢE

DIN 28 MARTIE 1933

Stările de lucruri care domnesc astăzi în Germania mă determină să renunţ, prin aceasta, la poziţia mea în Academia Prusacă de Ştiinţe. Academia mi-a oferit timp de 19 ani posibilitatea de a mă consacra, liber de orice obligaţie profesională, muncii ştiinţifice. Sunt conştient de măsura înaltă în care îi sunt îndatorat. Ies din cercul ei fără plăcere şi datorită imboldurilor şi frumoaselor relaţii omeneşti de care rrv-am bucurat, ca unul ce i-a aparţinut, în acest lung interval de timp, relaţii cărora le-am dat întotdeauna o înaltă apreciere.

Dependenţa condiţionată de poziţia mea faţă de guvernul prusac o resimt însă în împrejurările actuale ca

insuportabilă.

Albert Einstein

SCRISOARE CĂTRE
ACADEMIA PRUSACĂ DE ŞTIINŢE
DIN 5 APRILIE 1933

Am primit din surse cu totul demne de crezare ştirea că

Academia de Ştiinţe a pomenit într-o declaraţie oficială de

„O participare a lui Albert Einstein la campania de instigare la ură din America şi Franţa”.

Declar prin aceasta că nu am participat niciodată la o campanie de instigare şi trebuie să adaug că nu am remarcat niciunde vreo urmă a unei asemenea campanii, în linii mari, toată lumea se mulţumeşte să redea şi să comenteze înştiinţările şi dispoziţiile oficiale ale persoanelor răspunzătoare din guvernul german, ca şi programul cu privire la distrugerea evreilor germani pe cale economică.

Declaraţiile pe care le-am făcut presei se referă la faptul că voi renunţa la poziţia mea în Academie şi la cetăţenia prusacă; îmi întemeiez această hotărâre pe faptul că nu doresc să trăiesc într-un stat care nu acordă indivizilor drepturi egale în faţa legii, ca şi libertatea cuvântului şi a instrucţiei.

Am caracterizat, mai departe, starea din Germania de astăzi ca o stare de îmbolnăvire psihică a maselor şi am spus câte ceva despre cauzele acestei stări.

Într-un document pe care l-am lăsat în scopuri de propagandă în grija Ligii internaţionale pentru combaterea antisemitismului, şi care nu era deloc destinat presei, i-am chemat pe toţi oamenii lucizi şi rămaşi credincioşi idealurilor unei civilizaţii ameninţate să facă totul pentru ca această psihoză de masă, care se exprimă într-un mod atât de înfricoşător în Germania, să nu se răspândească mai departe.

Academiei i-ar fi fost uşor să intre în posesia textelor autentice ale declaraţiilor mele înainte de a se exprima

asupra

260

mea în felul în care a făcut-o. Presa germană a deformat tendenţios declaraţiile mele şi, ţinând seama de modul cum se pune astăzi acolo căluşul presei, nici nu era de aşteptat ca lucrurile să se petreacă altfel.

Răspund de orice cuvânt pe care l-am publicat. Aştept, pe de altă parte, de la Academie, în măsura în care ea însăşi a participat la defăimarea mea în faţa publicului german, să aducă această luare de poziţie la cunoştinţa membrilor ei, ca şi a acelui public german în faţa căruia am fost defăimat.

Albert Einstein

SCRISOARE CĂTRE
ACADEMIA PRUSACĂ DE ŞTIINŢE
DIN 12 APRILIE 1933

Am primit scrisoarea dumneavoastră din 7 aprilie a.c. şi regret profund felul de a gândi ce se exprimă în ea.

În mod pozitiv, răspunsul meu se mărgineşte la următoarele: afirmaţiile dumneavoastră cu privire la poziţia mea sunt în esenţă doar o altă formă a declaraţiei dumneavoastră deja publicate în care mă învinovăţiţi de a fi participat la campania de instigare la ură împotriva poporului german. Această afirmaţie am şi calificat-o în ultima mea scrisoare ca fiind o calomnie.

Aţi observat, mai departe, că un „martor" de felul meu ar fi trebuit să acţioneze cu mai multă vigoare în străinătate „pentru poporul german". La aceasta trebuie să răspund că o mărturie ca aceea pe care mi-o pretindeţi ar fi fost echivalentă cu negarea tuturor acelor concepţii despre dreptate şi libertate pentru care m-am angajat de-a lungul întregii mele vieţi. O asemenea mărturie nu ar fi fost, cum spuneţi, o mărturie *pentru poporul german* şi ar fi putut acţiona numai în favoarea *acelora* care încearcă să înlăture toate acele idei şi principii care au asigurat poporului german un loc de frunte în civilizaţia lumii, în condiţiile date aş fi contribuit printr-o asemenea mărturie, fie şi numai indirect, la sălbăticirea moravurilor şi la

distrugerea tuturor valorilor culturale de astăzi.

Tocmai din aceste motive m-am simţit constrâns să părăsesc Academia, iar scrisoarea dumneavoastră îmi dovedeşte doar cât de bine am făcut procedând în acest fel.

Albert Einstein

262

ŞTIINŢĂ ŞI CIVILIZAŢIE

În vremuri de privaţiuni economice ca acelea pe care le trăim astăzi pretutindeni, se poate vedea deosebit de limpede tăria forţelor morale ce sălăşluiesc într-un popor. Să sperăm că un istoric rostindu-şi verdictul cândva în viitor, când Europa va fi unită din punct de vedere politic şi economic, va putea spune că în zilele noastre libertatea şi onoarea acestui continent au fost salvate de naţiunile occidentale, care în vremuri grele au rezistat cu dârzenie ispitelor urii şi opresiunii; şi că Europa occidentală a apărat cu succes libertatea individului, căreia îi datorăm toate progresele cunoaşterii şi creaţiei – libertate fără de care, pentru un om care se respectă, viaţa nu merită să fie trăită.

Nu-mi pot lua astăzi sarcina de a judeca conduita unei naţiuni care mulţi ani de zile m-a considerat ca fiind al ei; pesemne că ar fi şi zadarnic să rosteşti judecăţi într-o vreme când acţiunea e cea care contează.

Astăzi, chestiunile care ne preocupă sunt: cum să salvăm omenirea şi achiziţiile ei spirituale ai căror moştenitori suntem? Cum putem salva Europa de un nou dezastru?

Nu încape îndoială că seismele periculoase la care asistăm trebuie puse în parte pe seama crizei mondiale, a suferinţelor şi privaţiunilor cauzate de ea. În astfel de perioade nemulţumirea naşte ură, iar ura duce la acte de violenţă şi la revoluţie, adesea chiar şi la război. Astfel, privaţiunile şi răul generează noi privaţiuni şi rele.1 Oamenii de stat sunt din nou împovăraţi cu uriaşe responsabilităţi, întocmai ca acum douăzeci de ani. Fie ca ei să izbutească prin înţelegeri neîntârziate să instituie o

cerinţă de unitate şi claritate în ceea ce priveşte obligaţiile internaţionale în Europa, astfel

263

Încât pentru orice stat o aventură militară să fie complet lipsită de speranţă. Străduinţa oamenilor de stat poate da însă roade numai dacă este susţinută de voinţa serioasă şi hotărâtă a poporului.

Suntem preocupaţi nu numai de problema tehnică a asigurării şi menţinerii păcii, ci şi de importanta sarcină a educării şi luminării spiritelor. Dacă vrem să rezistăm forţelor care ameninţă să suprime libertatea intelectuală şi individuală, trebuie să ne fie limpede despre ce este vorba şi ce datorăm acestei libertăţi pe care înaintaşii noştri au cucerit-o pentru noi prin lupte grele.

Fără o asemenea libertate n-ar fi existat un Shakespeare, un

Goethe, un Newton, un Faraday, un Pasteur, un Lister. N-ar fi existat case confortabile pentru masele de oameni, n-ar fi existat cultura şi bucuria artei pentru toţi. N-ar fi existat maşini care să scutească omul de truda istovitoare necesară pentru producerea celor trebuitoare vieţii. Majoritatea oamenilor ar fi dus o viaţă sumbră de sclavie, întocmai ca sub vechile despotisme asiatice. Numai oamenii liberi creează invenţiile şi operele intelectuale care fac pentru noi modernii viaţa demnă de trăit.

Fără îndoială că actualele greutăţi economice vor duce curând la punctul în care balanţa dintre cererea şi oferta de muncă, dintre producţie şi consum va fi reglementată prin lege.

Dar chiar şi această problemă noi o vom rezolva cu oameni liberi şi nu ne vom lăsa de dragul ei târâţi într-o sclavie care ar duce în cele din urmă la stagnarea oricărei dezvoltări sănătoase.2

În legătură cu aceasta aş vrea să dau expresie unei idei care mi-a venit de curând. Am trăit în singurătate la ţară şi am observat cum monotonia unei vieţi liniştite stimulează spiritul creator. Există anumite profesii în

organizarea noastră modernă care implică o asemenea viaţă izolată fără a reclama prea mult efort fizic şi intelectual. Mă gândesc la ocupaţii cum sunt serviciul la farurile de pe coastă şi din largul mărilor. N-ar putea fi angajaţi în astfel de slujbe tineri dornici să reflecteze la problemele ştiinţifice, îndeosebi de natură matematică sau filosofică? Foarte puţini asemenea oameni au şansa ca, în cea mai fecundă perioadă din viaţa lor, să se consacre ne

tulburaţi, oricât de mult, problemelor ştiinţifice. Chiar dacă un tânăr are norocul să obţină o bursă pentru o scurtă perioadă, el trebuie să se străduiască să ajungă cât mai repede cu putinţă la concluzii determinate, ceea ce nu poate fi în avantajul ştiinţei pure. Tânărul om de ştiinţă, care exercită o profesie practică obişnuită din care se întreţine, se află într-o situaţie mult mai bună – presupunând, firește, că această profesie nu-i răpeşte prea mult timp şi energie, în felul acesta, pare-se, s-ar putea oferi condiţii favorabile de dezvoltare intelectuală pentru un număr mai mare de indivizi creatori decât este cazul în prezent, în aceste vremuri de depresiune economică şi de seisme politice asemenea consideraţii par să merite atenţie.3

Trebuie oare să ne îngrijoreze faptul că trăim într-o epocă de primejdie şi lipsuri? Cred că nu. Omul, ca orice alt animal, este prin natura sa indolent. Dacă nimic nu-l îmboldeşte, nu se va omorî cu cugetarea şi el se va comporta după tiparele obişnuinţei, ca un automat. Eu nu mai sunt tânăr şi deci pot să spun că în copilărie şi în tinereţe am traversat o asemenea etapă, când tânărul se gândeşte numai la banalităţile existenţei personale, vorbeşte la fel ca semenii lui şi se comportă asemeni lor. Cu greu îţi poţi da seama ce se ascunde în spatele unei asemenea măşti convenţionale. Căci datorită obişnuinţei şi vorbirii, adevărata lui personalitate este, ai zice, învelită în vată.

Cât de diferită este situaţia de acum! Fulgerele vremurilor noastre furtunoase ne descoperă făpturile

umane şi lucrurile în nuditatea lor. Fiecare naţiune şi fiecare individ uman îşi dezvăluie doar scopurile, puterile şi slăbiciunile, precum şi pasiunile. Rutina nu mai e de niciun folos acum când condiţiile se schimbă vertiginos; convenţiile sunt lepădate din mers, ca nişte învelitori uzate.

Apăsaţi de privaţiuni, oamenii încep să se gândească la eşecul practicii economice şi la necesitatea unor aranjamente politice cu caracter supranaţional. Numai pericolele şi răsturnările pot sili naţiunile să se dezvolte mai departe. Fie ca seismele actuale să ducă la o lume mai bună.

Dincolo şi mai presus de această apreciere a epocii noastre mai avem încă o datorie – de a ne îngriji de ceea ce este

etern şi mai înalt în tot ce avem, de acel ceva care dă sens vieţii şi pe care vrem să-l transmitem copiilor noştri mai pur şi mai bogat decât l-am preluat de la înaintaşi.

NOTE

1. Asemenea aprecieri sunt caracteristice pentru una din temele gândirii sociale a lui Einstein, respingerea în principiu a violenţei.

Evenimentele ulterioare l-au convins pe Einstein că uneori nu există alternativă la folosirea forţei, cel puţin în măsura în care folosirii forţei de către agresor nu i se poate răspunde decât prin forţă.

2. Problema lui Einstein este, aşadar, cea a armonizării nevoilor de planificare şi control social pe care le ridică dezvoltarea economică şi socială modernă cu asigurarea libertăţilor democratice şi a condiţiilor pentru manifestarea neîngrădită a capacităţilor şi iniţiativelor creatoare ale indivizilor. Fără îndoială că Einstein este departe de a fi găsit soluţii practice pentru asemenea probleme în spiritul principiilor generale pe care le formulează aici şi în alte scrieri.

3. Acest pasaj şi propunerea pe care o conţine oglindeşte foarte bine reprezentarea lui Einstein despre

natura cercetării ştiinţifice, ca şi experienţele sale personale, în condiţiile cercetării ştiinţifice de masă din zilele noastre, această reprezentare ne apare drept una „Romantică" sau „eroică". Vorbind de cercetarea ştiinţifică, Einstein avea în vedere ştiinţa teoretică şi anume, în primul rând, încercarea de a formula şi elabora idei cu totul noi, revoluţionare, nu rezolvarea de probleme în cadre date. El sublinia că nici chiar un talent deosebit unit cu multă perseverenţă nu poate garanta succesul în rezolvarea unor asemenea probleme. Iată de ce cercetarea ştiinţifică nu ar trebui să fie practicată ca o profesiune obişnuită, adică drept sursă a existenţei individului. Unui student american ce intenţiona să se consacre cercetării în astronomie, Einstein îi scria în vara anului 1951: „Ştiinţa este un lucru minunat dacă nu trebuie să trăieşti de pe urma ei. Ar trebui să ne câştigăm traiul printr-o muncă pe care suntem siguri că putem să o facem. Numai atunci vom găsi bucurie în efortul ştiinţific pentru care nu trebuie să dăm socoteală nimănui". (A. Einstein, *Correspondance*, Inter Editions.

Paris, 1980, p. 7.) Cât priveşte experienţele personale, Einstein nu putea desigur să uite că cea mai fertilă perioadă a activităţii sale ştiinţifice a fost cea în care a lucrat ca expert la Oficiul federal de brevete din Berna. Reflecţiile lui erau desigur colorate de experienţa eşecului încercărilor întreprinse de-a lungul a mai mult de

trei decenii pentru a găsi o bază unitară a fizicii într-o teorie generală a câmpului, în ciuda unei consecvenţe fără egal în urmărirea acestui ţel ştiinţific, Einstein nu a reuşit să-şi atingă obiectivul.

RELIGIOZITATEA CERCETĂRII

Veţi găsi cu greu un spirit ştiinţific mai iscoditor căruia să nu-i fie proprie o religiozitate de un fel deosebit.

Această religiozitate se deosebeşte de cea a omului naiv.

Pentru acesta din urmă, Dumnezeu este o fiinţă de la care se aşteaptă ocrotire, de a cărui pedeapsă ne temem,

un sentiment sublimat de felul celui ce îl leagă pe copil de tatăl său, o fiinţă cu care suntem într-o anumită măsură în relaţie personală, oricât de demnă de respect ar putea ea să pară.

Cercetătorul este însă pătruns de determinarea cauzală a tot ce se întâmplă. Viitorul este pentru el nu mai puţin necesar şi determinat decât trecutul.1 Moralitatea nu este pentru el o chestiune dumnezeiască, ci una pur omenească. Religiozitatea lui stă în uimirea extaziată faţă de armonia legităţii naturale, în care se dezvăluie o raţiune atât de superioară încât orice gândire cu sens şi orânduire omenească reprezintă un reflex cu totul neînsemnat.2 Acest simţământ este laitmotivul vieţii şi străduinţei sale, în măsura în care se poate ridica deasupra dominaţiei dorinţelor egoiste. Fără îndoială că acest simţământ este strâns înrudit cu acela care a stăpânit naturile în mod religios din toate timpurile.

NOTE

1. Einstein exprimă aici mai mult decât ideea generală a determinismului, a determinării evenimentelor prin legi. El formulează concepţia sa despre determinarea necesară a tuturor evenimentelor viitorului prin legi stricte, o concepţie ce se situează în tradiţia deterministă clasică, ilustrată de Laplace. În această tradiţie de gân

dire *întâmplarea*, *contingenţa* sunt expresii pe care le utilizăm pentru a desemna evenimente şi procese ale căror corelaţii cauzale nu sunt încă cunoscute. După masacrele celui de-al doilea război mondial, îndeosebi după uciderea în masă a evreilor în Germania nazistă şi în teritoriile ocupate, se pare că Einstein şi-a revizuit opiniile extremiste formulate aici cu privire la lipsa de libertate a voinţei individului.

2. În acest pasaj apare mai clar că Einstein numeşte încrederea în ceea ce califică drept „armonie a legităţii naturale” un sentiment religios prin analogie cu sentimentul unităţii şi armoniei existenţei, care pare să-i fi însufleţit pe unii mari gânditori şi artişti.

ŞTIINŢĂ ŞI SOCIETATE

Ştiinţa vine în atingere cu problemele omeneşti pe două căi. Prima o cunoaşte toată lumea: în mod direct, iar într-o măsură şi mai mare în mod indirect, ştiinţa produce mijloace care au transformat complet existenţa umană. A doua cale priveşte educaţia, acţiunea ştiinţei asupra spiritului. Deşi la o examinare superficială poate să pară mai puţin evident, cea de-a doua cale nu este mai puţin pătrunzătoare decât prima.

Cel mai izbitor efect practic al ştiinţei constă în faptul că ea face posibilă inventarea unor lucruri care îmbogăţesc viaţa, deşi în acelaşi timp o complică – invenţii cum sunt maşina cu aburi, calea ferată, puterea şi lumina electrică, telegraful, radioul, automobilul, avionul, dinamita etc. La acestea trebuie adăugate realizările biologiei şi ale medicinei ce servesc la apărarea vieţii, îndeosebi producţia de analgezice şi metodele de conservare a alimentelor. Cel mai mare beneficiu practic pe care-l aduc omului toate aceste invenţii constă, după cât mi se pare, în faptul că îl eliberează de truda musculară excesivă ce era odinioară indispensabilă pentru simpla supravieţuire, în măsura în care putem pretinde că sclavia a fost astăzi abolită, datorăm aceasta consecinţelor practice ale ştiinţei.

Pe de altă parte, tehnologia – sau ştiinţa aplicată – a făcut ca omenirea să se confrunte cu probleme de o mare gravitate, însăşi supravieţuirea omenirii depinde de o rezolvare satisfăcătoare a acestor probleme. Este vorba de crearea unor asemenea instituţii sociale şi tradiţii fără de care noile cuceriri tehnice trebuie să ducă în mod inevitabil la cel mai teribil dezastru.

Mijloacele de producţie mecanice au dus într-o economie neplanificată la situaţia în care o parte însemnată a ome

nirii nu mai este necesară pentru producerea de bunuri şi astfel este exclusă din procesul economic. Consecinţele imediate sunt slăbirea puterii de cumpărare

şi devalorizarea muncii ca urmare a concurenţei excesive, iar acestea au generat, la intervale din ce în ce mai scurte, grave paralizii în producţia de bunuri. Proprietatea asupra mijloacelor de producţie, pe de altă parte, deţine o putere cu care paznicii tradiţionali ai instituţiilor noastre politice nu se pot măsura. Omenirea este prinsă într-o luptă pentru adaptare la aceste condiţii noi – luptă ce poate duce la o adevărată eliberare, dacă generaţia noastră se va dovedi la înălţimea sarcinii.

Tehnologia, de asemenea, a scurtat distanţele şi a creat noi mijloace de distrugere, extraordinar de eficiente, care în mâinile naţiunilor ce pretind o libertate de acţiune nelimitată devin o ameninţare pentru securitatea şi supravieţuirea însăşi a omenirii. Această situaţie face necesară o singură putere judecătorească şi executivă pentru întreaga planetă, iar tradiţiile naţionale se opun cu înverşunare creării unei asemenea autorităţi centrale. Ne aflăm şi din acest punct de vedere în miezul unei lupte al cărei rezultat va hotărî destinul nostru al tuturor.1

În fine, mijloacele de comunicare – procedeele de multiplicare a cuvântului tipărit şi radioul – atunci când sunt combinate cu armamentul modern, fac posibilă punerea trupului şi a sufletului sub o autoritate centrală – şi aceasta este a treia sursă de primejdie pentru omenire. Tiraniile moderne şi urmările lor distrugătoare arată limpede cât de departe suntem de utilizarea organizatorică a acestei realizări spre folosul omenirii. Şi aici împrejurările cer o soluţie internaţională, însă fundamentul psihologic pentru o asemenea soluţie nu a fost încă pus.

Să vedem acum care sunt efectele intelectuale produse de ştiinţă, în epocile preştiinţifice nu era posibil să se ajungă doar cu mijloacele gândirii la rezultate pe care întreaga omenire să le fi putut accepta drept certe şi necesare. Mai puţin încă, exista convingerea că tot ce se întâmplă în natură este supus unor legi inexorabile. Caracterul fragmentar al legii naturale, aşa cum o vedea observatorul primitiv, era de natură să alimenteze credinţa

în fantome şi spirite. De aceea până şi

271

astăzi omul primitiv trăieşte într-o permanentă teamă că forţe supranaturale şi arbitrare vor interveni în destinul său.

Este meritul nepieritor al ştiinţei că, acţionând asupra spiritului uman, a biruit nesiguranţa omului în faţa lui însuşi şi în faţa naturii. Creând matematica elementară, grecii au edificat pentru prima dată un sistem de gândire ale cărui concluzii nimeni nu le poate eluda. Oamenii de ştiinţă din epoca

Renaşterii au inventat apoi combinarea experimentului sistematic cu metoda matematică. Această unire a făcut posibilă o asemenea precizie în formularea legilor naturale şi o asemenea certitudine în testarea lor cu ajutorul experienţei, încât în ştiinţele naturii nu mai rămânea loc pentru deosebiri fundamentale de opinii.2

Începând de atunci, fiecare generaţie a continuat să îmbogăţească tezaurul cunoaşterii şi înţelegerii, fără să existe cea mai mică primejdie a unei crize care să ameninţe întregul edificiu.

Publicul larg nu este în stare decât în mică măsură să urmărească detaliile cercetării ştiinţifice; el poate să reţină însă cel puţin un câştig mare şi important: încrederea în gândirea umană şi în universalitatea legii naturale.

NOTE

1. Einstein a înţeles foarte bine, încă acum o jumătate de secol, că în primul plan al vieţii sociale moderne şi al preocupărilor oamenilor se situează probleme ce nu pot fi abordate şi soluţionate cu succes decât la nivel planetar, prin cooperare şi acţiune convergentă a popoarelor şi statelor naţionale. Astăzi suntem în situaţia de a aprecia mai bine însemnătatea şi acuitatea acestor probleme, înfruntarea diferitelor concepţii cu privire la căile rezolvării unor probleme cu caracter global constituie un domeniu central al confruntărilor ideologice în lumea de astăzi. Einstein însuşi, cum se poate constata mai bine din alte scrieri care

nu au fost reţinute în această selecţie, bunăoară cele în care se propagă ideea unui guvern mondial, nu a văzut altă cale de rezolvare a problemelor globale decât cea a limitării suveranităţii naţionale.

2. Acestei afirmaţii nu trebuie să i se dea un sens prea general. Einstein avea evident în vedere faptul că cercetători care în

părtăşesc în comun anumite idealuri cognitive şi reprezentări asupra criteriilor cunoaşterii obiective, utilizând aceleaşi metode de cercetare, vor ajunge în mod necesar la un consens în ceea ce priveşte chestiuni de ordin teoretic şi experimental. Dimpotrivă, între cercetători ce aderă în mod spontan la ţeluri şi idealuri de cunoaştere diferite pot să apară şi să persiste deosebiri de păreri ce nu pot fi depăşite prin producerea unor argumente cu caracter tehnic. Divergenţa principală dintre Einstein şi susţinătorii interpretării şcolii de la Copenhaga cu privire la teoria cuantică şi la rolul ei în dezvoltarea gândirii fizice este o bună ilustrare a unei asemenea deosebiri de păreri persistente între cercetători competenţi şi de bună credinţă. Deosebirile de păreri de acest fel, pe care Einstein nu le are în vedere aici, nu pot fi depăşite decât prin indicaţiile pe care le oferă dezvoltarea în perspectiva, adesea pe termen lung, a gândirii ştiinţifice.

DESPRE EDUCAŢIE

Obiceiul este ca o aniversare să fie consacrată în primul rând retrospectivei, îndeosebi memoriei personalităţilor care şi-au câştigat merite deosebite în dezvoltarea vieţii culturale. Acest cald omagiu către predecesorii noştri se cuvine, într-adevăr, să nu fie neglijat, mai cu seamă fiindcă amintirea celor mai buni din trecut îi poate stimula pe cei de bună credinţă din zilele noastre la un efort curajos. S-ar fi cuvenit însă ca acest omagiu să fie adus de cineva care, din tinereţea sa, a fost legat de statul New York şi cunoaşte bine trecutul lui, şi nu de unul care a rătăcit, ca ţiganul, din loc în loc, culegându-şi experienţele

din cele mai diferite ţări.

Nu-mi mai rămâne aşadar decât să vorbesc despre nişte lucruri care, independent de spaţiu şi timp, au fost şi vor fi întotdeauna legate de problemele educaţiei, în această încercare nu pot emite câtuşi de puţin pretenţia de a fi o autoritate, mai cu seamă când mă gândesc că oameni inteligenţi şi bine intenţionaţi din toate timpurile s-au ocupat cu probleme de educaţie şi şi-au expus, cu siguranţă, în repetate rânduri cu claritate punctele de vedere asupra acestor chestiuni. Profan pe jumătate cum sunt în domeniul pedagogiei, de unde să-mi iau curajul de a expune opinii ce n-au alt temei decât experienţa şi convingerea personală? Dacă ar fi vorba de o chestiune pur ştiinţifică, astfel de consideraţii m-ar îndemna probabil la tăcere.

Când este vorba însă de chestiuni ce interesează fiinţe umane active, lucrurile se prezintă altfel. Aici numai cunoaşterea adevărului nu este de ajuns; dimpotrivă, această cunoaştere trebuie continuu înnoită prin efort neîncetat, dacă vrem să nu se piardă. Ea se aseamănă cu o statuie de marmură

aşezată în desert şi mereu ameninţată să fie îngropată de nisipuri mişcătoare. Mâini harnice trebuie să trudească neîncetat, pentru ca marmura să continue să strălucească permanent la lumina soarelui. Aş vrea ca printre aceste mâini harnice să se afle şi ale mele.

Şcoala a fost întotdeauna mijlocul cel mai important pentru transferarea comorilor tradiţiei de la o generaţie la cea următoare. Lucrul acesta este şi mai adevărat astăzi decât în trecut, deoarece prin dezvoltarea modernă a vieţii economice, rolul familiei de purtător al tradiţiei şi al educaţiei a slăbit. Viaţa şi sănătatea societăţii umane depind astfel de şcoală într-o măsură şi mai mare decât în trecut.

Uneori şcoala este privită doar ca un instrument pentru transmiterea unei anumite cantităţi maxime de cunoştinţe către tânăra generaţie. Lucrurile nu stau însă

aşa. Cunoştinţele sunt ceva mort; şcoala, în schimb, serveşte vieţii. Ea trebuie să dezvolte la tineri acele calităţi şi capacităţi care prezintă valoare pentru bunăstarea obştei. Aceasta nu înseamnă însă că individualitatea trebuie anihilată, iar individul trebuie să devină o simplă unealtă a comunităţii, aidoma unei albine sau unei furnici. Fiindcă o comunitate de indivizi standardizaţi, fără originalitate personală şi scopuri personale ar fi o comunitate nevolnică, fără posibilităţi de dezvoltare. Dimpotrivă, scopul trebuie să fie formarea unor indivizi caracterizaţi prin acţiune şi gândire independentă care văd însă menirea supremă a vieţii lor în slujirea obştei. Din câte pot judeca, sistemul britanic de învăţământ se apropie cel mai mult de realizarea acestui ideal.

Cum trebuie însă să ne străduim să atingem acest ideal?

Nu cumva prin predici moralizatoare? Nicidecum! Cuvintele sunt şi rămân sunete goale, iar drumul spre pierzanie a fost însoţit întotdeauna de exaltarea în vorbe a câte unui ideal.

Personalităţile nu se formează însă prin spuse şi auzite, ci prin muncă şi activitate.

De aceea, cea mai importantă metodă de educaţie a constat dintotdeauna în a-l antrena pe tânăr într-o activitate efectivă. Aceasta este valabil atât pentru primele încercări ale şcolarului de a deprinde scrisul, cât şi pentru lucrarea de licenţă la absolvirea universităţii, pentru simpla memorare

a unei poezii, pentru scrierea unei compuneri, interpretarea şi traducerea unui text, rezolvarea unei probleme de matematică sau practicarea unui sport.

În spatele oricărei realizări stă însă motivaţia pe care se întemeiază şi pe care, la rândul ei, reuşita activităţii o întăreşte şi o alimentează. Aici întâlnim cele mai mari diferenţe şi ele sunt de cea mai mare importanţă pentru valoarea educaţională a şcolii. Una şi aceeaşi muncă îşi poate avea drept origine teama şi constrângerea, dorinţa

ambiţioasă de autoritate şi de autoevidenţiere, sau interesul sincer pentru obiect şi dorinţa de adevăr şi înţelegere, aşadar acea curiozitate divină pe care o posedă orice copil sănătos, dar care de atâtea ori seacă de timpuriu. Influenţa educativă exercitată asupra tânărului prin efectuarea uneia şi aceleiaşi activităţi poate fi diferită, după cum la baza ei stau teama de pedeapsă, pasiunea egoistă sau dorinţa de plăcere şi satisfacţie. Şi nimeni nu va susţine că administraţia şcolii şi atitudinea învăţătorilor şi profesorilor nu are influenţă asupra modelării structurii psihologice a tinerilor.

Mie mi se pare că pentru o şcoală lucrul cel mai rău este să lucreze în principal cu metodele fricii, forţei şi autorităţii artificiale. Un asemenea tratament distruge sentimentele sănătoase, sinceritatea şi încrederea în sine ale tânărului. El produce supusul umil. Nu e de mirare că asemenea scoli constituie regula în Germania şi Rusia. Ştiu că şcolile din această ţară sunt scutite de acest mare rău; la fel e şi în Elveţia şi probabil şi în toate ţările cu o guvernare democratică. Este relativ simplu ca şcoala să fie ferită de acest rău mai mare decât toate. Daţi în mâna educatorului cât mai puţine măsuri coercitive cu putinţă, astfel încât singura sursă a respectului tinerilor faţă de el să fie calităţile lui umane şi intelectuale.

Cel de-al doilea motiv menţionat, ambiţia sau, în termeni mai blânzi, năzuinţa spre recunoaştere şi consideraţie, este puternic sădită în natura umană. Fără un stimul mintal de acest fel, cooperarea dintre oameni ar fi cu totul imposibilă;

dorinţa individului de a-şi câştiga aprobarea semenilor constituie cu siguranţă una din cele mai importante forţe coezive ale societăţii, în acest complex de simţăminte stau strâns alăturate forţe constructive şi distructive. Dorinţa de a fi apro

bat şi recunoscut este un mobil sănătos; însă dorinţa de a fi recunoscut drept mai bun, mai puternic sau mai inteligent decât semenul tău sau decât colegul tău de

scoală duce uşor la o conformaţie psihologică excesiv de egoistă, ce poate deveni păgubitoare pentru individ şi pentru comunitate: De aceea, şcoala şi educatorul trebuie să se ferească de a folosi metoda facilă a a tătarii ambiţiei individuale spre a-i face pe copii silitori la învăţătură.

Mulţi au invocat teoria darwinistă a luptei pentru existenţă şi selecţia legată de ea ca îndreptăţire pentru încurajarea spiritului de competiţie. Unii au încercat de asemenea pe această cale să dovedească în mod pseudoştiinţific necesitatea competiţiei economice distructive între indivizi. Această idee este însă greşită, deoarece omul îşi datorează forţa sa în lupta pentru existenţă faptului că este un animal care trăieşte în societate. Lupta dintre membrii unei comunităţi umane este la fel de puţin esenţială pentru supravieţuire ca şi lupta dintre furnicile individuale ce trăiesc în acelaşi furnicar.

Trebuie să ne ferim deci a predica tinerilor ca scop al vieţii succesul în sensul curent al termenului. Fiindcă un om de succes este cel care primeşte mult de la semenii săi, de obicei incomparabil mai mult decât echivalentul serviciilor făcute de el lor. Valoarea unui om trebuie văzută însă în ceea ce dă, şi nu în ceea ce e capabil să primească.

Imboldul cel mai important pentru muncă în şcoală şi în viaţă este plăcerea de a munci, plăcerea produsă de rezultatul muncii şi conştiinţa valorii acestui rezultat pentru comunitate. Sarcina cea mai importantă a şcolii eu o văd în trezirea şi întărirea acestor forţe psihologice ale tinerilor. Numai un asemenea fundament psihologic duce la o năzuinţă fericită spre cele mai înalte bunuri ale omului – cunoaşterea şi creaţia artistică.

Trezirea acestor puteri psihologice productive este, desigur, mai puţin uşoară decât practicarea forţei sau aţâţarea ambiţiei individuale, dar este în schimb mai de preţ. Principalul este dezvoltarea înclinaţiei copilăreşti pentru joacă şi a dorinţei copilăreşti de a dobândi recunoaşterea precum şi călăuzirea copilului spre domenii importante pentru societate; este acea educaţie care se

bazează în principal pe

dorinţa de a desfăşura cu succes o activitate şi pe dorinţa de recunoaştere. Dacă şcoala izbuteşte să lucreze cu succes într-o asemenea direcţie, ea îşi va dobândi o înaltă stimă în ochii tinerei generaţii şi sarcinile date de ea vor fi primite ca un dar.

Personal am cunoscut copii care preferau vacanţei zilele petrecute la şcoală.

O asemenea şcoală pretinde din partea educatorului să fie un fel de artist în domeniul său. Ce se poate face pentru ca un astfel de spirit să fie adoptat în şcoli? Aici există la fel de puţin un remediu universal ca şi pentru păstrarea sănătăţii unui individ. Există însă anumite condiţii ce trebuie neapărat întrunite, în primul rând, educatorii trebuie crescuţi în astfel de şcoli, în al doilea rând, educatorului trebuie să i se lase o largă libertate în alegerea materialului ce urmează a fi predat şi a metodelor de predare. Căci şi pentru el e adevărat că forţa şi presiunea exterioară ucid plăcerea muncii de calitate.

Dacă aţi urmărit atent până aici reflecţiile mele, vă veţi mira probabil de un lucru. Am vorbit pe larg de spiritul în care, după opinia mea, trebuie instruit tineretul. Dar n-am spus încă nimic despre alegerea materiilor de predat şi nici despre metoda de predare. Trebuie să predomine studiul limbii sau educaţia ştiinţifică specializată?

La asta răspund că, după părerea mea, toate acestea sunt de o importanţă secundară. Dacă un tânăr şi-a exersat muşchii şi rezistenţa fizică prin gimnastică şi mers, mai târziu el va fi apt pentru orice muncă *fizica*. Analog stau lucrurile şi cu exersarea minţii şi a aptitudinilor intelectuale şi manuale. Nu a greşit hâtrul care a spus: „Educaţia e ceea ce îţi rămâne după ce ai uitat tot ce ai învăţat la scoală/ Iată de ce nu mă preocupă câtuşi de puţin să iau atitudine în lupta ce se poartă între partizanii educaţiei clasice filologico-istorice şi cei ai educaţiei orientate mai mult spre ştiinţele naturii.

Pe de altă parte, mă opun ideii că şcoala trebuie să transmită direct tinerilor acele cunoştinţe şi deprinderi speciale pe care mai târziu le vor folosi direct în viaţă. Cerinţele vieţii sunt mult prea variate pentru ca să pară posibilă o instruire atât de specializată în timpul şcolii, în afară de aceasta, nu mi se pare indicat ca individul să fie tratat ca o unealtă

278

fără viaţă. Şcoala trebuie să urmărească tot timpul ca tânărul să părăsească băncile ei nu ca specialist, ci ca o personalitate armonioasă. Aceasta este valabil, după opinia mea, într-un anumit sens chiar şi pentru şcolile tehnice, ai căror absolvenţi se vor consacra unei profesiuni bine determinate. Pe primul plan trebuie pusă totdeauna dezvoltarea capacităţii generale de gândire şi de judecată independentă, şi nu dobândirea de cunoştinţe de specialitate. Dacă cineva stăpâneşte bazele domeniului studiat şi dacă a învăţat să gândească şi să lucreze independent, el îşi va găsi cu siguranţă drumul şi, în plus, va fi mai bine pregătit pentru a se adapta progresului şi schimbărilor decât cel a cărui educaţie a constat în principal în dobândirea de cunoştinţe detaliate, în încheiere, vreau să subliniez încă o dată că ceea ce am spus aici într-o formă oarecum categorică nu pretinde să fie mai mult decât opinia personală a unui om, bazată *exclusiv* pe experienţa personală pe care a dobândit-o ca elev, student şi profesor.

DESPRE LIBERTATE

Ştiu că a discuta despre judecăţile de valoare fundamentale este o îndeletnicire sterilă. Căci dacă, de exemplu, cineva ar fi de acord cu stârpirea speciei umane de pe suprafaţa

Pământului, acest punct de vedere nu ar putea fi respins pe temeiuri raţionale. Dacă însă cădem de acord asupra anumitor scopuri şi valori, se poate argumenta raţional cu privire la mijloacele cu ajutorul cărora se pot atinge aceste obiective. Să indicăm aşadar două scopuri cu care ar putea fi de acord majoritatea celor care citesc

aceste rânduri:

1. Acele bunuri instrumentale care sunt menite să servească la menţinerea vieţii şi a sănătăţii tuturor fiinţelor umane trebuie produse cu minimum de muncă posibil.

2. Satisfacerea nevoilor fizice este într-adevăr o condiţie indispensabilă a unei existenţe mulţumitoare, dar nu este prin ea însăşi suficientă. Pentru a fi mulţumiţi, oamenii trebuie să aibă şi posibilitatea de a-şi dezvolta puterile intelectuale şi artistice în cât mai deplină conformitate cu caracteristicile şi aptitudinile lor personale.

Primul din aceste două scopuri reclamă promovarea tuturor ramurilor cunoaşterii privitoare la legile naturii şi la legile proceselor sociale, adică promovarea tuturor cercetărilor ştiinţifice. Căci ştiinţa este un întreg natural ale cărui părţi se sprijină reciproc în modalităţi pe care, firește, nimeni nu le poate anticipa. Progresul ştiinţei presupune însă posibilitatea comunicării neîngrădite a tuturor rezultatelor şi judecăţilor – libertatea de exprimare şi de instruire pe toate tărâmurile muncii intelectuale. Prin libertate înţeleg condiţii sociale de aşa fel încât exprimarea opiniilor şi aserţiunilor referitoare la chestiuni generale şi particulare ale cunoaşterii

să nu comporte pericole sau dezavantaje serioase pentru cei care le exprimă. Această libertate de exprimare este indispensabilă pentru dezvoltarea şi extinderea cunoaşterii ştiinţifice – constatare ce prezintă o mare importanţă practică, în prima instanţă ea trebuie garantată prin lege. Legile însă nu pot garanta singure libertatea de exprimare; pentru ca orice om să-şi poată expune nepedepsit vederile sale, în rândurile întregii populaţii trebuie să domnească un spirit de toleranţă. Un asemenea ideal de libertate exterioară nu poate fi niciodată atins pe deplin, dar trebuie urmărit neîncetat în gândirea ştiinţifică, iar cugetarea filosofică şi cugetarea creatoare în general trebuie promovate cât mai mult cu putinţă.

Pentru atingerea celui de-al doilea scop, adică a posibilităţii de dezvoltare spirituală a tuturor indivizilor, este nevoie de un al doilea fel de libertate exterioară. Omul nu trebuie să fie nevoit să muncească atât de mult pentru agonisirea celor necesare traiului, încât să nu-i rămână timp şi energie pentru activităţi personale. Fără acest al doilea fel de libertate exterioară, libertatea de exprimare nu i-ar fi de niciun folos.

Progresele tehnologiei ar oferi posibilitatea acestui fel de libertate dacă s-ar rezolva problema unei diviziuni raţionale a muncii.

Dezvoltarea ştiinţei şi a activităţilor creatoare ale spiritului în general mai reclamă încă un gen de libertate, ce ar putea fi caracterizată drept libertate interioară. Este acea libertate a spiritului care constă în independenţa gândirii de cătuşele prejudecăţilor autoritare şi sociale, precum şi de obişnuinţa şi rutina necritice în general. Această libertate interioară este un dar al naturii care nu se întâlneşte des şi care pentru individ reprezintă un ţel demn de râvnit. Comunitatea poate face însă mult şi pentru promovarea acestei realizări, cel puţin prin aceea că nu-i slujeşte dezvoltarea. Şcolile, bunăoară, pot împiedica dezvoltarea libertăţii interioare exercitând influenţe autoritare sau impunând tinerilor solicitări spirituale excesive; pe de altă parte, şcolile pot favoriza o asemenea libertate încurajând gândirea independentă. Numai prin cultivarea constantă şi conştientă a libertăţii exterioare şi a celei interioare se asigură posibilitatea dezvoltării şi perfecţionării spirituale şi, astfel, a îmbunătăţirii vieţii exterioare şi interioare a omului.

281

IHH

ŞTIINŢĂ ŞI RELIGIE

I

De-a lungul secolului trecut şi, în parte, şi în cel de dinaintea lui era larg împărtăşită ideea unui conflict ireconciliabil între cunoaştere şi credinţă. Printre spiritele înaintate precumpănea opinia că a sosit timpul pentru a

înlocui tot mai mult credinţa prin cunoaştere; credinţa ce nu se sprijinea ea însăşi pe cunoaştere era superstiţie şi ca atare trebuia combătută.1 Potrivit acestei concepţii, unica funcţie a educaţiei era de a deschide calea gândirii şi cunoaşterii, iar şcoala, ca principal instrument al educaţiei poporului, trebuia să servească exclusiv acestui scop.

Probabil că punctul de vedere raţionalist nu a fost decât rareori, sau poate niciodată, exprimat într-o formă atât de frustă; fiindcă orice om inteligent şi-ar fi dat seama din capul locului cât este de unilaterală o asemenea luare de poziţie. Este bine însă ca o teză să fie enunţată într-o formă cât mai nudă şi mai tranşantă dacă vrem să-i înţelegem cât mai limpede miezul.

E adevărat că experienţa şi gândirea clară sunt cele mai bune temeiuri pentru convingerile noastre, în această privinţă trebuie să fim fără rezerve de acord cu raţionalismul extrem. Punctul slab al concepţiei sale ţine însă de faptul că acele convingeri care sunt necesare şi determinante pentru conduita şi judecăţile noastre nu pot fi găsite numai pe această cale ştiinţifică solidă.

Căci metoda ştiinţifică nu ne poate instrui decât cu privire la modul cum se leagă faptele între ele şi cum se condiţionează unele pe altele. Aspiraţia spre o asemenea cunoaştere obiectivă este una din cele mai înalte de care este capabil

omul şi sunt sigur că nu mă veţi bănui de intenţia de a minimaliza realizările şi eforturile eroice ale omului în această sferă. Este însă la fel de clar că de la cunoaşterea a ceea ce *este* nu duce niciun drum direct spre ceea ce *trebuie să fie*. Poţi avea cele mai clare şi mai complete cunoştinţe despre ceea ce *este* şi totuşi să nu poţi deduce de aici care trebuie să fie *ţinta* aspiraţiilor umane. Cunoaşterea obiectivă ne pune la îndemână instrumente puternice pentru înfăptuirea anumitor scopuri, dar scopul ultim el însuşi şi năzuinţa de a-l atinge trebuie să provină din altă sursă. Şi ar fi de prisos să argumentăm în sprijinul ideii că existenţa şi activitatea noastră dobândesc un sens

numai prin fixarea unui asemenea scop şi a valorilor corespunzătoare. Cunoaşterea adevărului ca atare este minunată, dar, departe de a ne putea servi drept călăuză, ea nu poate oferi o justificare şi o valoare nici măcar năzuinţei înseşi spre cunoaşterea adevărului. Aşadar, aici atingem limitele concepţiei pur raţionale despre existenţa noastră.2

Aceasta nu înseamnă însă că gândirea raţională nu poate juca niciun rol în formarea scopului şi a judecăţilor etice.

Când cineva îşi dă seama că pentru realizarea unui scop ar fi utile anumite mijloace, mijloacele însele devin prin aceasta un scop. Raţiunea clarifică relaţia dintre mijloace şi scopuri. Ceea ce gândirea nu ne poate da însă prin ea însăşi este un sens al scopurilor ultime şi fundamentale. Tocmai postularea acestor scopuri şi valori fundamentale şi statornicirea lor în viaţa emoţională a individului îmi pare a fi cea mai importantă funcţie pe care religia o are de îndeplinit în viaţa socială a omului. Iar dacă ne întrebăm mai departe de unde provine autoritatea unor asemenea scopuri fundamentale, de vreme ce ele nu pot fi formulate şi justificate doar cu ajutorul raţiunii, răspunsul nu poate fi decât că ele există într-o societate sănătoasă cu nişte tradiţii puternice ce acţionează asupra conduitei, aspiraţiilor şi judecăţilor indivizilor;

ele sunt prezentate aici ca o fiinţă vie, fără să fie necesară justificarea existenţei lor. Ele îşi dobândesc existenţa nu prin demonstraţie, ci prin revelaţie, având ca mediu personalităţi puternice.3 Nu trebuie să se încerce justificarea lor, ci trebuie să se încerce ca natura lor să fie simţită simplu şi clar.

283

Cele mai înalte principii pentru aspiraţiile şi judecăţile noastre ne sunt date în tradiţia religioasă iudeo-creştină.4 Este un scop foarte înalt, pe care, cu slabele noastre puteri, nu-l putem atinge decât într-un mod total inadecvat, dar care dă un fundament sigur aspiraţiilor şi valorizărilor noastre. Dacă desprindem acest scop din

forma lui religioasă şi considerăm doar latura lui pur umană, am putea, pare-se, să-l formulăm astfel: dezvoltarea liberă şi responsabilă a individului, astfel încât acesta să-şi poată pune în mod liber şi bucuros puterile în slujba întregii omeniri.

Aici nu există loc pentru divinizarea unei naţiuni, a unei clase şi cu atât mai puţin a unui individ. Nu suntem oare cu toţi copiii aceluiaşi părinte, cum se spune în limbaj religios?

Mai mult chiar, nici măcar divinizarea umanităţii, ca totalitate abstractă, nu ar fi în spiritul acestui ideal. Numai individului îi este dat un suflet. Iar destinul înalt al individului este de a sluji, şi nu de a stăpâni sau de a se impune în vreun alt mod.

Dacă luăm în considerare substanţa, şi nu forma, putem spune că aceste cuvinte exprimă totodată poziţia democratică fundamentală. Adevăratul democrat poate la fel de puţin să-şi divinizeze naţiunea ca şi omul religios, în accepţia dată de noi acestui termen.5

Care este atunci, în toate acestea, funcţia educaţiei şi a şcolii? Ele trebuie să-l ajute pe tânăr să crească într-un asemenea spirit încât aceste principii fundamentale să fie pentru el aidoma aerului pe care-l respiră. Simpla instruire nu poate face acest lucru.

Dacă avem limpezi în faţa ochilor aceste înalte principii şi dacă le comparăm cu viaţa şi spiritul epocii noastre, este absolut evident că omenirea civilizată se află în prezent într-o primejdie gravă, în statele totalitare cârmuitorii înşişi sunt cei ce urmăresc efectiv să distrugă spiritul umanităţii, în locurile mai puţin ameninţate, naţionalismul şi intoleranţa, precum şi oprimarea indivizilor prin mijloace economice sunt cele ce ameninţă să înăbuşe aceste nepreţuite tradiţii.

Tot mai mulţi oameni luminaţi îşi dau seama însă cât de mare este primejdia şi se depun multe strădanii pentru găsirea mijloacelor de a înfrunta primejdia – mijloace în dome

niul politicii naţionale şi internaţionale, al legislaţiei, al organizării în general. Asemenea eforturi sunt, fără îndoială, foarte necesare. Cei vechi ştiu însă un lucru pe care noi se pare că l-am uitat. Toate mijloacele se dovedesc a nu fi decât un instrument grosolan şi ineficace, dacă n-au în spatele lor un spirit viu. Dacă însă năzuinţa spre atingerea scopului trăieşte puternic în noi, nu ne va lipsi forţa necesară pentru a găsi mijloacele de realizare a scopului şi de transpunere a lui în viaţă.

II

N-ar fi greu să cădem de acord asupra a ceea ce se înţelege prin ştiinţă. Ştiinţa este strădania seculară de a aduna laolaltă, cu ajutorul gândirii sistematice, fenomenele perceptibile ale acestei lumi într-o corelaţie cât mai deplină. Este – într-o formulare îndrăzneaţă – încercarea de reconstrucţie ulterioară a existenţei prin procesul de conceptualizare. Când mă întreb însă ce este religia, nu mi-e atât de uşor să aflu un răspuns. Şi chiar după ce aş găsi un răspuns care să mă satisfacă în momentul de faţă, as rămâne convins că nu pot niciodată şi în niciun fel de circumstanţe să-i pun cât de cât de acord pe toţi cei care s-au aplecat cu seriozitate asupra acestei probleme.

De aceea, în loc să mă întreb ce este religia, prefer din capul locului să pun întrebarea ce anume caracterizează aspiraţiile unui om care-mi lasă impresia de a fi religios? Un om inspirat religios îmi pare a fi acela care s-a eliberat cât mai mult cu putinţă de cătuşele dorinţelor sale egoiste şi este preocupat de gânduri, sentimente şi aspiraţii la care aderă graţie valorii lor suprapersonale. Mi se pare că ceea ce e important este forţa acestui conţinut suprapersonal şi profunzimea convingerii privind semnificaţia lui covârşitoare, indiferent dacă se face sau nu o încercare de a uni acest conţinut cu o Fiinţă divină, căci altminteri Buddha şi Spinoza nu ar putea să fie consideraţi drept personalităţi religioase.6 Prin urmare, o persoană religioasă este credincioasă în sensul că nu se îndoieşte de semnificaţia şi măreţia acestor

obiecte şi scopuri suprapersonale, care nici nu se cer şi nu pot fi fundamentate raţional. Ele există la fel de necesar şi de firesc ca el însuşi, în acest sens, religia este strădania de veacuri a omenirii de a deveni clar şi deplin conştientă de aceste valori şi scopuri şi de a întări şi lărgi în mod constant efectele lor. Dacă înţelegem religia şi ştiinţa conform cu aceste definiţii, un conflict între ele ne apare imposibil. Căci ştiinţa nu poate decât să stabilească ce *este*, nu şi ceea ce *trebuie să fie*, iar dincolo de domeniul ei rămân necesare judecăţi de valoare de tot felul. Religia, pe de altă parte, are de-a face doar cu evaluări ale gândirii şi acţiunii umane: ea nu poate vorbi cu temei despre fapte şi relaţii dintre fapte. Potrivit acestei interpretări, binecunoscutele conflicte dintre religie şi ştiinţă din trecut trebuie puse toate pe seama unei greşite înţelegeri a situaţiei care a fost descrisă.

De exemplu, un conflict se naşte atunci când o comunitate religioasă insistă asupra adevărului absolut al tuturor enunţurilor cuprinse în *Biblie*. Aceasta înseamnă o intervenţie a religiei în sfera ştiinţei; aşa se explică lupta Bisericii împotriva doctrinelor lui Galilei şi Darwin. Pe de altă parte, reprezentanţi ai ştiinţei au încercat adesea să se ridice la judecăţi fundamentale referitoare la valori şi scopuri pe baza metodei ştiinţifice, opunându-se în acest fel religiei. Aceste conflicte au izvorât toate din erori fatale.7

Ei bine, deşi domeniul religiei şi cel al ştiinţei sunt prin ele însele net delimitate unul faţă de celălalt, între ele există totuşi două puternice relaţii şi dependenţe reciproce. Deşi religia poate fi cea care determină scopul, ea a învăţat totuşi de la ştiinţă, în sensul cel mai larg al cuvântului, ce mijloace vor contribui la realizarea scopurilor formulate de ea. Ştiinţa însă nu poate fi creată decât de oameni adânc pătrunşi de aspiraţia spre adevăr şi înţelegere. Sentimentul acesta îşi are izvorul în sfera religiei. De aceasta ţine şi încrederea în posibilitatea ca regularităţile valabile pentru lumea existenţei să fie raţionale, adică accesibile raţiunii. Eu unul nu pot concepe

un om de ştiinţă veritabil fără această credinţă profundă. Situaţia poate fi exprimată printr-o imagine: ştiinţa fără religie este şchioapă, religia fără ştiinţă este oarbă.

286

Deşi am afirmat mai înainte că nu poate exista un conflict legitim între religie şi ştiinţă, trebuie să precizez totuşi această aserţiune încă o dată, într-un punct esenţial, cu referire la conţinutul efectiv al religiilor istorice. Precizarea priveşte conceptul de Dumnezeu, în perioada de tinereţe a evoluţiei spirituale a omenirii, fantezia umană a creat după chipul omului zei despre care se credea că determină sau în orice caz influenţează lumea fenomenală. Omul căuta să schimbe atitudinea acestor zei în favoarea sa prin magie şi rugăciune. Ideea de Dumnezeu din religiile propovăduite astăzi este o sublimare a acestei concepţii vechi despre zei. Caracterul ei antropomorfic se vădeşte, bunăoară, în faptul că oamenii apelează la fiinţa divină în rugăciuni şi îi cer să le împlinească dorinţele.

Fireşte, nimeni nu va nega că ideea existenţei unui Dumnezeu personal atotputernic, drept şi bun poate oferi omului consolare, ajutor şi călăuză; totodată, graţie simplităţii sale, ea este accesibilă şi spiritelor celor mai neevoluate. Dar, pe de altă parte, această idee suferă de carenţe decisive, care au fost dureros resimţite chiar de la începutul istoriei. E vorba de faptul că, dacă această fiinţă este atotputernică, atunci tot ce se petrece an lume, inclusiv orice acţiune umană, orice gând uman, orice sentiment şi orice aspiraţie umană, este de asemenea opera ei; cum ne-ar putea trece prin cap, în acest caz, să-i facem pe oameni răspunzători pentru faptele şi gândurile lor în faţa unei asemenea fiinţe atotputernice? Dând pedepse şi recompense, ea ar pronunţa într-o anumită măsură verdicte privitor la propriile sale fapte. Cum s-ar împăca aceasta cu bunătatea şi dreptatea ce i se atribuie?

Principala sursă a conflictelor actuale dintre sfera religiei şi cea a ştiinţei rezidă în acest concept al unui Dumnezeu personal. Ştiinţa are drept scop stabilirea de reguli generale ce determină conexiunea reciprocă a

obiectelor şi evenimentelor în spaţiu şi timp. Pentru aceste reguli sau legi ale naturii se cere – chiar dacă nu este dovedită – o valabilitate absolut generală. Ea este în principiu un program, iar credinţa în posibilitatea realizării lui în principiu se *bazează* numai pe succese parţiale. Cu greu s-ar putea găsi însă cineva care să nege aceste succese parţiale şi să le pună pe

seama autoamăgirii omeneşti. Faptul că pe baza unor asemenea legi suntem capabili să prevedem cu o mare precizie şi certitudine comportamentul temporal al fenomenelor din anumite domenii este adânc impregnat în conştiinţa omului modern, chiar dacă el pricepe foarte puţin din conţinutul acestor legi. E de ajuns să se gândească, bunăoară, la faptul că mişcările planetare înăuntrul sistemului solar pot fi dinainte calculate cu multă precizie pe baza unui număr limitat de legi simple, într-un mod similar, deşi nu cu aceeaşi precizie, este posibil să calculăm dinainte modul de funcţionare a unui motor electric, a unui sistem de transmisie sau a unui aparat de radio, chiar şi atunci când e vorba de un produs nou.

E drept că atunci când numărul factorilor ce intră în joc într-un complex de fenomene este prea mare, în cele mai multe cazuri metoda ştiinţifică ajunge la impas. E suficient să ne gândim la fenomenele meteorologice, unde predicţia este imposibilă chiar *şi* pentru o perioadă de câteva zile. Totuşi, nimeni nu se îndoieşte că avem de-a face cu o conexiune cauzală ale cărei componente cauzale ne sunt în linii mari cunoscute. Evenimentele din acest domeniu se situează dincolo de hotarele predicţiei exacte din pricina varietăţii factorilor implicaţi, şi nu pentru că n-ar exista ordine în natură.

Mult mai puţin profund am avansat în determinarea regularităţilor din domeniul fiinţelor vii, şi totuşi am făcut-o suficient de profund pentru a simţi cel puţin domnia necesităţii rigide. E de-ajuns să ne gândim la ordinea sistematică din sfera eredităţii şi ale efectelor substanţelor toxice, bunăoară ale alcoolului, asupra comportării

făpturilor organice. Ceea ce lipseşte încă aici este sesizarea conexiunilor de profundă generalitate, nu cunoaşterea ordinii înseşi.

Cu cât omul este mai pătruns de regularitatea ordonată a tuturor evenimentelor, cu atât devine mai fermă convingerea lui că nu rămâne loc, alături de această regularitate ordonată, pentru cauze de o natură diferită. Nici regula voinţei umane, nici cea a voinţei divine nu există pentru el ca o cauză independentă a unor evenimente naturale. E drept, doctrina unui Dumnezeu personal ce intervine în evenimentele naturale n-ar putea fi niciodată *infirmată*, în sensul propriu al cuvântului, de către ştiinţă, fiindcă această doctrină

se poate refugia de fiecare dată în acele domenii în care cunoaşterea ştiinţifică n-a izbutit încă să câştige teren.

Sunt convins însă că o asemenea conduită din partea reprezentanţilor religiei ar fi nu numai nedemnă, ci şi fatală. Căci o doctrină care nu e în stare să se menţină la lumina zilei, ci doar în întuneric, îşi va pierde inevitabil înrâurirea asupra omenirii, cu prejudicii incalculabile pentru progresul uman.

În lupta lor pentru binele etic, propovăduitorii religiei trebuie să aibă tăria de a lepăda doctrina Dumnezeului personal, adică de a da la o parte acea sursă de teamă şi speranţă care în trecut îi investea pe preoţi cu o putere atât de mare. Ei vor trebui să se bazeze în strădaniile lor pe acele forţe care sunt capabile să cultive în umanitate însăşi Binele, Adevărul şi Frumosul. Aceasta este, ce-i drept, o sarcină mai dificilă, dar incomparabil mai demnă. După ce propovăduitorii religiei vor fi înfăptuit procesul de rafinare indicat, ei vor constata în mod sigur cu bucurie că adevărata religie a fost înnobilată şi făcută mai profundă de către cunoaşterea ştiinţifică.8

Dacă unul din scopurile religiei îl constituie eliberarea omenirii pe cât posibil de servitutea poftelor, dorinţelor şi temerilor egocentrice, raţionamentul ştiinţific

poate ajuta religia şi într-un alt sens. Deşi e adevărat că scopul ştiinţei este să descopere reguli care să permită corelarea şi predicţia faptelor, acesta nu este singurul ei scop. Ea mai urmăreşte să reducă conexiunile descoperite la un număr cât mai mic cu putinţă de elemente conceptuale independente, în această năzuinţă a ei spre unificarea raţională a diversului ea dobândeşte succesele ei cele mai mari, deşi tocmai această încercare o expune cel mai mult riscului de a cădea pradă iluziilor. Oricine a făcut însă experienţa intensă a progreselor realizate cu succes în acest domeniu este pătruns de o reverenţă profundă pentru raţionalitatea care se dezvăluie în existenţă. Pe calea înţelegerii, el dobândeşte o largă emancipare din cătuşele speranţelor şi dorinţelor personale şi ajunge astfel la acea atitudine de spirit umilă faţă de grandoarea raţiunii încarnate în existenţă care, în ultimele ei profunzimi, este

— Această idee este expusă convingător în cartea lui Herbert Samuel.

Belief and Action.

289

Inaccesibilă omului. Mie însă această atitudine îmi pare a fi religioasă în sensul cel mai înalt al cuvântului. Şi astfel mi se pare că ştiinţa nu numai că purifică impulsul religios de aderentele lui antropomorfice, ci contribuie şi la o spiritualizare religioasă a modului nostru de a înţelege viaţa.

Cu cât umanitatea evoluează mai mult din punct de vedere spiritual, cu atât mi se pare mai cert că drumul spre adevărata religiozitate nu trece prin frica de viaţă şi frica de moarte şi prin credinţa oarbă, ci prin năzuinţa spre cunoaştere raţională, în acest sens cred că preotul trebuie să devină un învăţător dacă vrea să corespundă înaltei sale misiuni educaţionale.

NOTE

1. Titlul acestui text poate sugera o înţelegere greşită a primelor sale rânduri şi a dezvoltărilor ce urmează. Şi anume, s-ar putea crede că prin credinţă Einstein are în

vedere religia în sensul comun al cuvântului, credinţele religioase propovăduite de bisericile tradiţionale. Se poate crea astfel impresia falsă că Einstein ar exprima aici rezerve şi obiecţii faţă de ideea că există o incompatibilitate între credinţele religioase tradiţionale şi imaginea despre lume a ştiinţei moderne, în fapt, autorul se raportează critic la punctul de vedere raţionalist extremist sau hiperraţionalist potrivit căruia viaţa şi activitatea omenească pot fi întemeiate numai pe datele cunoaşterii obiective, în titlul acestui text, ca şi în alte texte ale lui Einstein cu titluri asemănătoare, termenul *religie* capătă un sens aparte. Este vorba de ceea ce Einstein a numit *religiozitate cosmicei*. Pentru explicaţii vezi *Religie şi ştiinţă* şi nota (1) la acest text. Un titlu mai transparent, de natură să prevină confuziile ce rezultă din înţelegerea obişnuită a cuvântului *religie* ar fi fost *Ştiinţă şi credinţă* sau

Cunoaştere şi credinţă. Este probabil însă că Einstein nu a ales acest titlu din nebăgare de seamă sau cu totul întâmplător. Se ştie că, deşi nu s-a sfiit să formuleze judecăţi aspre asupra rolului social şi moral pe care l-au avut adesea bisericile tradiţionale în trecut, Einstein credea că cel puţin unii slujitori ai instituţiilor religioase ar putea să aibă un rol pozitiv în educaţia convingerilor şi sentimentelor morale ale oamenilor, în cultivarea ataşamentului lor faţă de valorile spirituale superioare care dau sens vieţii. (Se pare că Einstein a ajuns la această convingere în urma unor contacte cu reprezentanţi ai unor biserici liberale protestante din Statele Unite.) în spiritul unei a se

menea intenţii, *religia* va trebui înţeleasă însă nu ca un corp de doctrine, de teorii şi explicaţii care intră inevitabil în conflict cu rezultatele cunoaşterii pozitive, ci ca o expresie simbolică a convingerilor morale ce asigură convieţuirea armonioasă a oamenilor, precum şi a convingerilor în raţionalitatea şi armonia universului, care însufleţesc spiritele creatoare. De fapt Einstein sugerează

slujitorilor bisericii o schimbare radicală în înţelegerea naturii şi finalităţii unei situări religioase, care echivalează cu golirea cuvântului *religie* de conţinutul său tradiţional. Este semnificativ că prima formă a textului reprezintă o cuvântare ţinută în vara anului 1939 la Seminarul teologic al Universităţii din Princeton în faţa unei audienţe de clerici şi studenţi în teologie. Cum era de aşteptat, asemenea sugestii ale „înţeleptului de la Princeton" nu au fost în general bine primite de exponenţii şi adepţii diferitelor tradiţii religioase. Se relatează, bunăoară, că o opinie formulată de Einstein – ideea unui

Dumnezeu personal a fost şi rămâne una din cauzele incompatibilităţii între religie şi ştiinţele naturii – a provocat indignarea multor credincioşi şi a stârnit numeroase proteste. (Pentru amănunte vezi Ph. Frank, op. cit., p. 463.)

2. Argumentarea lui Einstein se sprijină pe ideea dualismului fapte-valori care a fost una din temele fundamentale ale gândirii sale. În concepţia lui Einstein, relaţia dintre cunoştinţe despre fapte şi valori este pronunţat asimetrică în măsura în care se afirmă că năzuinţa spre cunoaşterea obiectivă îşi găseşte impulsul şi orientarea în asumarea anumitor valori şi se subliniază în acelaşi timp că valorile nu pot fi întemeiate prin cunoaştere obiectivă. Einstein dădea astfel o expresie personală unui punct de vedere în circulaţie, într-adevăr, distincţia netă dintre domeniul *raţiunii pure* şi al *raţiunii practice* reprezintă un motiv de bază al gândirii filosofice şi moderne.

3. Cuvântul *revelaţie* nu este de asemenea folosit aici în sensul lui teologic consacrat, ci în înţelesul lui originar, cel sinonim cu *arătare*. Einstein crede că personalităţile creatoare sunt cele prin care capătă viaţă, *se arată*, se exprimă valorile fundamentale ale existenţei umane.

4. Aceasta este, desigur, o interpretare a „adevăratului sens" al tradiţiei iudeo-creştine, care a constituit şi constituie obiect de discuţie şi de controversă. Einstein vede în această tradiţie în primul rând un

„limbaj”, care transmite prin imagini şi metafore un anumit mesaj moral.

5. Ceea ce se denunţă aici este naţionalismul, exclusivismul naţional. Privind lucrurile în principiu, Einstein aprecia că exclusivismul naţional este tot atât de puţin îndreptăţit ca şi exclusivismul religios, în sensul pe care îl dădea el termenului *religie*.

291

6. Acest pasaj, ca şi altele, indică clar că acele convingeri pe care

Einstein le desemna prin cuvintele *religie* şi *religiozitate* sunt independente de credinţa în existenţa divinităţii în înţelesul comun al cuvântului, a ceea ce el numea ideea unui Dumnezeu personal.

Einstein crede că mulţi oameni de seamă ce pot fi caracterizaţi ca fiind prin excelenţă *religioşi*, în înţelesul pe care îl dă el cuvântului, nu au împărtăşit o asemenea credinţă. D. Reichinstein, un vechi prieten al lui Einstein, încă din perioada când acesta lucra la Biroul de patente din Berna, nota într-o carte apărută în 1935 (*Albert Einstein, sein Lebensbild una seine Weltanschauung*) că atitudinea acestuia faţă de religie ar fi constituit în alte timpuri o raţiune suficientă pentru ca el să fie exclus din comunitate, aşa cum s-a întâmplat cu Maimonide sau cu Spinoza.

7. Este respinsă astfel atât pretenţia că religia poate reprezenta într-un fel oarecare cunoaştere sau o contribuţie la cunoaşterea obiectivă, pentru a nu spune cunoaşterea prin excelenţă, o pretenţie pe care o ridică în primul rând teologii, cât şi pretenţia de a întemeia valorile exclusiv pe baza cunoaşterii ştiinţifice, pretenţie caracteristică pentru gânditorii de orientare pozitivistă, scientistă.

8. Ceea ce Einstein propune, aşadar, slujitorilor religiilor este renunţarea la credinţele tradiţionale, părăsirea a ceea ce el numeşte *religia fricii* şi *religia moralităţii* şi adoptarea religiei cosmice. Numai printr-o asemenea reconsiderare radicală a ideii religioase poate fi

depăşit conflictul dintre religie şi cunoaşterea ştiinţifică.

LIMBAJUL COMUN AL ŞTIINŢEI

Primul pas în constituirea limbajului a fost legarea unor semne acustice sau de altă natură cu impresiile senzoriale.

Foarte posibil că toate animalele sociabile au ajuns la acest gen primitiv de comunicare, cel puţin până la un anumit grad.

O dezvoltare superioară se atinge atunci când se introduc şi sunt înţelese noi semne care stabilesc relaţii între semnele care desemnează impresii senzoriale. Pe această treaptă este deja posibilă relatarea unor serii relativ complexe de impresii; putem spune că a luat fiinţă limbajul. Pentru ca limbajul să poată permite înţelegerea, trebuie să existe reguli privitoare la relaţiile dintre semne, pe de o parte, iar pe de altă parte, trebuie să existe o corespondenţă stabilită între semne şi impresii, în copilărie, indivizii legaţi prin aceeaşi limbă sesizează aceste reguli şi relaţii în principal prin intuiţie. Când omul devine conştient de regulile privind relaţiile dintre semne, putem spune că s-a închegat ceea ce se cheamă gramatica limbii.

Într-o fază timpurie cuvintele pot să corespundă direct impresiilor, într-o fază ulterioară această legătură directă se pierde în măsura în care unele cuvinte au relaţii cu percepţiile numai dacă sunt folosite în combinaţie cu alte cuvinte (de exemplu, cuvinte ca „este”, „său”, „lucru”). Arunci grupurile de cuvinte şi nu cuvintele izolate se referă la percepţii.

Când limbajul devine astfel parţial independent de fundalul impresiilor, se obţine o coerenţă internă sporită.

Abia în acest spaţiu superior de dezvoltare, când se folosesc frecvent aşa-numite concepte abstracte, limbajul devine un instrument de raţionare în adevăratul sens al cuvântului.

Dar tot în virtutea acestei dezvoltări limbajul se transformă într-o periculoasă sursă de erori şi amăgiri.

Totul depinde de gradul în care cuvintele şi combinaţiile de cuvinte corespund lumii impresiilor.

Ce anume asigură o asemenea legătură intimă între limbaj şi gândire? Oare nu există gândire fără folosirea limbajului, anume în cazul conceptelor şi combinaţiilor de concepte pentru care nu ne vin în mod necesar în minte cuvinte? Nu ni se întâmplă oare fiecăruia dintre noi să ne chinuim căutând un cuvânt deşi legătura dintre „lucruri” ne este deja clară?

Am putea fi înclinaţi să atribuim actului de gândire o completă independenţă de limbaj dacă individul şi-ar forma sau ar fi capabil să-şi formeze conceptele fără călăuzirea verbală a celor din jurul său. Foarte probabil totuşi că bagajul mental al unui individ, care ar creşte în asemenea condiţii, ar fi foarte sărac. Putem deci conchide că dezvoltarea mentală a individului şi modul său de formare a conceptelor depind într-un înalt grad de limbaj. Aceasta ne face să ne dăm seama în ce măsură aceeaşi limbă înseamnă aceeaşi mentalitate, în acest sens gândirea şi limbajul sunt legate între ele.

Prin ce se distinge limbajul ştiinţei de ceea ce înţelegem în mod curent prin cuvintele „limbă” sau „limbaj”? Cum se face că limbajul ştiinţific este internaţional? Ştiinţa tinde spre o maximă acuitate şi claritate a conceptelor în ceea ce priveşte relaţiile lor reciproce şi corespondenţa lor cu datele senzoriale. Să luăm drept ilustrare limbajul geometriei euclidiene şi al algebrei. Ele operează cu un număr mic de concepte, respectiv simboluri, introduse în mod independent, cum sunt cele de număr întreg, linie dreaptă, punct, precum şi cu semne ce desemnează operaţiile fundamentale, adică conexiunile dintre aceste concepte fundamentale. Aceasta este baza pe care se construiesc, respectiv se definesc, toate celelalte enunţuri şi concepte. Legătura dintre concepte şi enunţuri, pe de o parte, şi datele senzoriale pe de alta se stabileşte prin acte de numărare şi măsurare a căror efectuare este suficient de bine specificată.

Caracterul supranaţional al conceptelor ştiinţifice şi

al limbajului ştiinţific se datorează faptului că ele au fost instituite de eminente minţi din toate ţările şi din toate timpurile.

294

În singurătate, şi totuşi într-un efort unit în ceea ce priveşte efectul final, ele au creat instrumentele spirituale pentru revoluţiile tehnice care au transformat viaţa omenirii în secolele din urmă. Sistemul lor de concepte a servit drept călăuză în haosul derutant al percepţiilor, astfel încât am învăţat să desprindem adevăruri generale din observaţii particulare.

Ce speranţe şi ce temeri implică metoda ştiinţifică pentru omenire? Nu mi se pare că acesta este modul potrivit de a formula întrebarea. Ce anume va produce acest instrument în mâinile oamenilor depinde în întregime de natura scopurilor ce animă omenirea. Odată ce aceste scopuri există, metoda ştiinţifică oferă mijloace pentru realizarea lor. Ea însă nu poate oferi scopurile înseşi. Metoda ştiinţifică n-ar fi dus prin ea însăşi nicăieri, şi nici măcar nu s-ar fi născut fără o năzuinţă pătimaşă spre înţelegerea clară.

Epoca noastră se caracterizează, după opinia mea, prin perfecţiunea mijloacelor şi prin confuzie în sfera scopurilor.

Dacă dorim în mod sincer şi cu înflăcărare securitatea, bunăstarea şi dezvoltarea liberă a talentelor tuturor oamenilor, nu ne vor lipsi mijloacele pentru a înfăptui o asemenea stare. Chiar dacă numai o mică parte a omenirii năzuieşte spre asemenea scopuri, superioritatea lor se va dovedi cu timpul.

Iytojii

DE CE SOCIALISM?

Este bine oare ca cineva care nu e expert în chestiuni economice şi sociale să exprime păreri cu privire la socialism?

Mai multe considerente mă fac să cred că da.

Să privim mai întâi problema din punctul de vedere al cunoaşterii ştiinţifice. Ar putea să pară că nu există

deosebiri metodologice esenţiale între astronomie şi economie: oamenii de ştiinţă din ambele domenii încearcă să descopere legi general acceptabile pentru un grup bine delimitat de fenomene pentru a face cât mai clară înţelegerea corelaţiilor dintre aceste fenomene, în realitate însă, asemenea deosebiri metodologice există. Descoperirea de legi generale în domeniul economiei este îngreunată de împrejurarea că fenomenele economice observate sunt deseori afectate de numeroşi factori foarte greu de evaluat fiecare în parte, în plus, experienţa acumulată de la începutul aşa-numitei perioade civilizate a istoriei umane a fost, după cum se ştie, puternic influenţată şi limitată de cauze ce nu sunt nicidecum exclusiv de natură economică. De exemplu, majoritatea statelor importante care au existat în decursul istoriei şi-au datorat existenţa cuceririlor. Popoarele cuceritoare se instituiau, din punct de vedere juridic şi economic, drept clase privilegiate în ţara cucerită. Ele acaparau monopolul proprietăţii funciare şi desemnau din propriile lor rânduri o preoţime. Preoţii, deţinând controlul educaţiei, făceau din împărţirea în clase a societăţii o instituţie permanentă şi creau un sistem de valori după care oamenii se călăuzeau apoi, în mare parte inconştient, în comportamentul lor social.

Tradiţia istorică însă, ca să spunem aşa, datează abia de ieri, de alaltăieri; noi nu am depăşit încă nicăieri ceea ce

Thorstein Veblen numeşte „faza prădalnică” a dezvoltării umane. Faptele economice observabile aparţin acestei faze şi chiar legile pe care le putem deriva din ele nu sunt aplicabile altor faze. Cum ţelul real al socialismului este depăşirea fazei prădalnice a dezvoltării umane şi înaintarea dincolo de ea, ştiinţa economică în stadiul ei actual poate să arunce prea puţină lumină asupra societăţii socialiste a viitorului.

În al doilea rând, socialismul vizează un scop social-etic.

Ştiinţa însă nu poate să creeze scopuri şi, mai puţin încă, să le insufle fiinţelor umane; ea poate cel mult să furnizeze mijloacele pentru atingerea anumitor scopuri. Scopurile însele sunt concepute de personalităţi cu înalte idealuri morale, iar aceste scopuri, dacă nu sunt născute moarte, ci au viaţă şi vigoare, sunt adoptate şi promovate de cei mulţi care, pe jumătate inconştient, determină evoluţia lentă a societăţii.

Din aceste motive trebuie să fim atenţi şi să nu supraestimăm ştiinţa şi metodele ştiinţifice când este vorba de problemele umane; şi nu trebuie să credem că experţii sunt singurii care au dreptul să se pronunţe în chestiuni care privesc organizarea societăţii.

De la un timp, nenumărate voci susţin că societatea umană trece printr-o criză, că stabilitatea ei a fost grav zdruncinată. O asemenea situaţie se caracterizează prin indiferenţa sau chiar ostilitatea indivizilor faţă de grupul, mic sau mare, căruia îi aparţin. Pentru a ilustra ce am în vedere, îngăduiţi-mi să relatez o experienţă personală. Discutam nu de mult cu un om inteligent şi bine intenţionat despre ameninţarea unui nou război, care după opinia mea ar periclita grav existenţa omenirii şi i-am spus că numai o organizaţie supranaţională ar oferi protecţie împotriva acestui pericol. La care oaspetele meu a replicat, calm şi rece: „De ce vă opuneţi cu atâta convingere dispariţiei speciei umane?”

Sunt sigur că nu mai departe decât acum un secol nimeni nu ar fi făcut cu atâta uşurinţă asemenea afirmaţie. Este afirmaţia unui om care s-a străduit zadarnic să ajungă la un echilibru lăuntric şi a pierdut, mai mult sau mai puţin, speranţa că va reuşi. Este expresia unei singurătăţi şi izolări dureroase de care suferă atâţia oameni în aceste zile. Care e cauza?

Există vreo ieşire?

E uşor să pui astfel de întrebări, dar e greu să răspunzi cât de cât sigur la ele. Trebuie să încerc totuşi să răspund, cât voi putea mai bine, deşi sunt foarte conştient

de faptul că sentimentele şi năzuinţele noastre sunt adesea contradictorii şi obscure şi că nu pot fi exprimate în formule uşoare şi simple.

Omul este o fiinţă în acelaşi timp solitară şi socială. Ca fiinţă solitară, el încearcă să apere existenţa sa şi a celor apropiaţi lui, să-şi satisfacă dorinţele personale şi să-şi dezvolte aptitudinile sale înnăscute. Ca fiinţă socială, el caută să-şi câştige recunoaşterea şi afecţiunea semenilor săi, să împărtăşească plăcerile lor, să-i mângâie la necaz şi să le amelioreze condiţiile lor de viaţă. Numai existenţa acestor năzuinţe variate, deseori contradictorii, poate să explice caracterul deosebit al omului, iar combinarea lor specifică determină în ce măsură poate dobândi individul un echilibru lăuntric şi poate contribui la binele societăţii. E foarte posibil ca forţa relativă a acestor două impulsuri să fie în principal fixată ereditar, însă personalitatea care se încheagă în final este formată în bună parte de mediul în care se întâmplă să se afle un om în cursul dezvoltării sale, de structura societăţii în care creşte, de tradiţia acestei societăţi şi de aprecierea pe care o dă ea diferitelor tipuri de comportament. Conceptul abstract de „societate”.

Înseamnă pentru individul uman ansamblul relaţiilor lui directe şi indirecte cu contemporanii săi şi cu toţi oamenii din generaţiile anterioare. Individul este capabil să gândească, să simtă, să năzuiască şi să lucreze singur; dar el depinde atât de mult de societate în existenţa sa *fizică*, intelectuală şi emoţională, încât este imposibil să-l gândim sau să-l înţelegem în afara cadrului societăţii. „Societatea” este cea care îi oferă hrană, îmbrăcăminte, un cămin, unelte de muncă, limbajul, formele de gândire şi cea mai mare parte a conţinutului gândirii; viaţa lui este posibilă prin munca şi realizările multor milioane de oameni din trecut şi din prezent care sunt cuprinşi cu toţii sub cuvinţelul „societate”.

Este deci evident că dependenţa individului de societate e un fapt natural ce nu poate fi abolit – întocmai ca în cazul furnicilor şi al albinelor. Dar, în timp ce întregul proces de viaţă al furnicilor şi albinelor este fixat până în

cele mai mici detalii de instincte rigide, ereditare, structura se

cială şi interrelaţiile fiinţelor umane sunt foarte variabile şi susceptibile de schimbare. Memoria, capacitatea de a realiza noi combinaţii, darul comunicării verbale au făcut posibile în lumea fiinţelor umane o dezvoltare ce nu este dictată de necesităţi biologice. O asemenea dezvoltare se manifestă în tradiţii, instituţii şi organizaţii, în literatură; în realizări ştiinţifice şi tehnice; în opere de artă. Aceasta explică cum se face că într-un anumit sens omul îşi poate influenţa viaţa prin propria sa conduită şi că în acest proces gândirea şi voinţa conştientă pot să joace un rol.

Omul dobândeşte la naştere, prin ereditate, o constituţie biologică pe care trebuie s-o considerăm fixă şi nealterabilă, incluzând trebuinţe naturale, care sunt caracteristice speciei umane, în cursul vieţii el mai dobândeşte în plus o constituţie culturală pe care o preia de la societate prin comunicare şi prin multe alte tipuri de influenţe. Această constituţie culturală este cea care, cu trecerea timpului, suferă schimbări şi determină într-o măsură foarte mare raportul dintre individ şi societate. Antropologia modernă ne-a învăţat, prin cercetarea comparativă a aşa-numitelor culturi primitive, că pot exista mari diferenţe între comportamentele sociale ale fiinţelor umane, în funcţie de tiparele culturale existente şi de tipurile de organizare ce predomină în societate. Tocmai pe faptul acesta îşi pot întemeia speranţele cei ce năzuiesc să amelioreze destinul omului; fiinţele umane *nu* sunt osândite, în virtutea alcătuirii lor biologice, să se distrugă unele pe altele sau să fie la cheremul unei sorţi crude create de ei înşişi.

Dacă ne întrebăm cum pot fi schimbate structura societăţii şi atitudinea culturală a omului spre a face viaţa umană cât mai satisfăcătoare cu putinţă, trebuie să fim permanent conştienţi de faptul că există anumite condiţii pe care nu suntem în măsură să le modificăm. Cum

spuneam mai înainte, natura biologică a omului nu este, practic, supusă schimbării, în plus, dezvoltarea tehnologică şi cea demografică din ultimele câteva secole au creat condiţii care sunt ireversibile. La o populaţie relativ dens aşezată, cu bunuri indispensabile existenţei ei, sunt absolut necesare o diviziune extremă a muncii şi un aparat productiv puternic centralizat. S-au dus pentru

totdeauna vremurile – care, retrospectiv, par atât de idilice – când indivizi sau grupuri relativ mici puteau duce o viaţă pe deplin autonomă. Nu exagerăm mult spunând că omenirea constituie de pe acum o comunitate planetară de producţie şi consum.

Am ajuns acum la un punct în care pot să indic pe scurt în ce constă, după mine, esenţa crizei epocii noastre. Ea priveşte raportul individului cu societatea. Individul a devenit mai conştient ca oricând de dependenţa sa fată de societate.

El nu simte însă această dependenţă ca pe un lucru pozitiv, ca o legătură organică, ca o forţă ocrotitoare, ci mai degrabă ca pe o ameninţare a drepturilor lui naturale sau chiar a existenţei sale economice, în plus, poziţia lui în societate este de aşa natură încât imboldurile sale egoiste se accentuează continuu, în timp ce tendinţele lui sociale, care sunt prin firea lucrurilor mai slabe, se deteriorarează progresiv. Toate fiinţele umane, oricare ar fi poziţia lor în societate, suferă de pe urma acestui proces de deteriorare. Prizonieri inconştienţi ai propriului lor egoism, oamenii se simt singuri, însinguraţi, privaţi de bucuria naivă, simplă şi nesofisticată, a vieţii. Omul poate găsi un sens vieţii sale, aşa scurtă şi primejduită cum este, numai prin acţiunea sa în folosul societăţii.

Anarhia economică a societăţii capitaliste aşa cum se prezintă ea astăzi, reprezintă, după opinia mea, adevărata sursă a răului. Vedem în faţa noastră o uriaşă comunitate de producători ai cărei membri caută întruna să-şi răpească unii altora roadele muncii lor colective – nu prin forţă, ci, în genere, conformându-se fidel regulilor legal

instituite, în această privinţă este important să se înţeleagă că, din punct de vedere juridic, mijloacele de producţie – adică întreaga capacitate productivă necesară pentru producerea bunurilor de consum precum şi a noilor mijloace de producţie – pot să fie, iar în cea mai mare parte şi sunt, proprietatea privată a unor indivizi.

Pentru simplificare, voi numi, în discuţia ce urmează.

„Muncitori" pe toţi cei ce nu participă la proprietatea asupra mijloacelor de producţie – deşi mă abat astfel întrucâtva de la folosirea obişnuită a termenului. Proprietarul mijloacelor de producţie este în situaţia de a cumpăra forţa de muncă

a muncitorului. Folosind mijloacele de producţie, muncitorul produce noi bunuri ce devin proprietatea capitalistului.

În tot acest proces, esenţial este raportul dintre ceea ce produce muncitorul şi ceea ce i se plăteşte, măsurate ambele în termeni de valoare reală. Câtă vreme contractul de muncă este

„Liber", ceea ce primeşte muncitorul este determinat nu de valoarea reală a bunurilor pe care le produce, ci de nevoile lui minimale şi de raportul dintre cererea de forţă de muncă a capitalistului şi numărul muncitorilor în căutare de lucru.

Este important să se înţeleagă că, nici în teorie, plata pe care o primeşte muncitorul nu este determinată de valoarea produsului său.

Capitalul privat tinde să se concentreze în mâini puţine, în parte din cauza concurenţei dintre capitalişti, iar în parte pentru că dezvoltarea tehnologică şi diviziunea crescândă a muncii încurajează formarea de mari unităţi de producţie în dauna celor mici. Rezultatul acestui proces este o oligarhie a capitalului privat a cărui putere enormă nu poate fi ţinută în frâu în mod eficace nici chiar de o societate politică organizată democratic. Lucrurile se petrec aşa pentru că membrii organelor legislative sunt propuşi de către partidele politice, larg finanţate sau altfel

influenţate de capitaliştii privaţi care, practic, separă electoratul de puterea legislativă.

Consecinţa este că, de fapt, reprezentanţii poporului nu apără îndeajuns interesele părţilor dezavantajate ale populaţiei.

Mai mult încă, în condiţiile existente, capitaliştii privaţi controlează inevitabil, direct sau indirect, principalele surse de informaţii (presa, radioul, învăţământul). Pentru cetăţeanul individual este astfel extrem de greu, iar în majoritatea cazurilor de-a dreptul imposibil, să ajungă la concluzii obiective şi să-şi folosească în mod inteligent drepturile politice.

Situaţia existentă în economia bazată pe proprietatea privată asupra capitalului se caracterizează astfel prin două mari principii: întâi, mijloacele de producţie (capitalul) se află în proprietate privată şi proprietarii dispun de ele după cum socot ei de cuviinţă; în al doilea rând, contractul de muncă este liber. Fireşte, nu există nicăieri o societate capitalistă *pură* în sensul acesta, în particular, trebuie avut în vedere că muncitorii, prin lungi şi aprige lupte politice, au reuşit să obţină o

formă întrucâtva îmbunătăţită a „contractului de muncă liber" pentru anumite categorii de muncitori. Luată însă în ansamblu, economia actuală nu diferă mult de capitalismul „pur".

Producţia se face pentru profit, nu pentru întrebuinţare. Nu există nicio garanţie că toţi cei capabili şi dornici să muncească vor fi totdeauna în situaţia de a găsi un loc de muncă; o „armată de şomeri" există aproape întotdeauna. Muncitorul se teme mereu să nu-şi piardă locul de muncă. Cum şomerii şi muncitorii prost plătiţi nu asigură o piaţă profitabilă, producţia bunurilor de consum este restrânsă, având drept consecinţă grele privaţiuni. Progresul tehnologic duce adesea la creşterea şomajului, în loc să uşureze pentru toţi povara muncii. Mobilul profitului, alături de concurenţa dintre capitalişti, *creează* instabilitate în acumularea şi utilizarea capitalului, ceea ce

duce la depresiuni tot mai grave. Concurenţa neîngrădită duce la o uriaşă irosire a muncii şi la acea schilodire a conştiinţei sociale a indivizilor, la care m-am referit mai înainte.

Această schilodire a indivizilor o consider drept cea mai mare plagă a capitalismului, întregul nostru sistem educaţional suferă de această plagă. Elevului şi studentului li se insuflă o atitudine competitivă exagerată, ei sunt crescuţi în cultul succesului achizitiv în chip de pregătire pentru viitoarea carieră.

Sunt convins că nu există decât *o singură* cale pentru eliminarea acestor racile grave; constituirea unei economii socialiste, însoţită de un sistem educaţional orientat spre ţeluri sociale, într-o asemenea economie mijloacele de producţie sunt proprietatea societăţii înseşi şi sunt utilizate într-un mod planificat. O economie planificată, care adaptează producţia la nevoile comunităţii, ar împărţi munca ce trebuie făcută între toţi cei capabili să muncească şi ar garanta mijloacele de subzistenţă pentru orice bărbat, femeie şi copil.

Educaţia individului, pe lângă cultivarea propriilor lui aptitudini, ar urmări să dezvolte în el un sentiment de responsabilitate pentru semenii săi, în locul proslăvirii puterii şi a succesului, ca în societatea noastră actuală.

Este însă necesar să reamintim că economia planificată nu înseamnă încă socialism. O economie planificată ca aţa

re poate fi însoţită de o totală înrobire a individului, înfăptuirea socialismului reclamă soluţionarea unor probleme social-politice extrem de dificile: cum se poate preîntâmpina, dată fiind ampla centralizare a puterii politice şi economice, ca birocraţia să devină atotputernică şi peste măsură de arogantă?

Cum pot fi ocrotite drepturile individului, asigurând totodată o contrapondere democratică faţă de puterea birocraţiei?

LEGILE ŞTIINŢEI ŞI LEGILE ETICII

Ştiinţa caută să descopere relaţii considerate a exista independent de individul care le caută. Aceasta include şi cazul când obiectul cercetării este omul însuşi. Obiectul enunţurilor ştiinţifice pot fi şi concepte create de noi înşine, cum se întâmplă în matematică. Despre astfel de concepte nu se consideră neapărat că le corespund obiecte în lumea exterioară. Toate enunţurile şi legile ştiinţifice au totuşi o trăsătură comună: ele sunt „adevărate sau false" (adecvate sau neadecvate). Aceasta înseamnă, aproximativ vorbind, că noi reacţionăm la ele prin „da" sau „nu".

Modul de gândire ştiinţific mai are încă o caracteristică.

Conceptele pe care le foloseşte în edificarea sistemelor sale coerente nu exprimă emoţii. Pentru omul de ştiinţă există numai „fiinţă", nu şi dorinţă, evaluare, bine, rău; pentru el nu există scop. Cât timp rămânem pe terenul ştiinţei propriu-zise, nu vom întâlni niciodată o frază de felul: „Nu trebuie să minţi". Omul de ştiinţă care caută adevărul este supus unui soi de restricţie puritană, el se fereşte de tot ce este voluntarist sau emoţional. În treacăt fie spus, această trăsătură este rezultatul unei dezvoltări lente, fiind specifică gândirii occidentale moderne.

Pornind de aici, ar putea să pară că gândirea logică este irelevantă pentru etică. Enunţurile ştiinţifice referitoare la fapte şi relaţii nu pot, într-adevăr, să producă directive etice. Totuşi, directivelor etice li se poate conferi raţionalitate şi coerenţă cu ajutorul gândirii logice şi al cunoaşterii empirice. Dacă putem să cădem de acord asupra anumitor propoziţii etice fundamentale, atunci din ele pot fi derivate alte

propoziţii etice, cu condiţia ca premisele iniţiale să fie enunţate cu destulă precizie. Premisele etice de acest fel joacă în etică un rol similar celui pe care-l joacă axiomele în matematică.

Aşa se face că nu simţim câtuşi de puţin că ar fi lipsit de sens să punem întrebări de felul: „De ce nu trebuie să

minţim?”

Simţim că asemenea întrebări au un sens fiindcă în toate discuţiile de acest fel anumite premise etice sunt considerate ca date. Şi atunci ne simţim satisfăcuţi când izbutim să derivăm directivele etice în cauză din aceste premise fundamentale, în cazul minciunii, acest demers s-ar putea înfăţişa, bunăoară, cam în felul următor: minciuna distruge încrederea în enunţurile altor oameni. Fără o asemenea încredere, cooperarea socială devine imposibilă sau cel puţin dificilă. O atare cooperare însă este esenţială pentru a face viaţa umană posibilă şi tolerabilă. Aceasta înseamnă că regula „Nu trebuie să minţi” a fost întemeiată cu ajutorul cerinţelor etice: „Viaţa umană trebuie păstrată” şi „Durerea şi mâhnirea trebuie diminuate cât mai mult cu putinţă”.

Care este însă originea unor asemenea axiome etice? Sunt ele arbitrare? Se *bazează* ele pe simpla autoritate? Izvorăsc ele din experienţa oamenilor şi sunt ele condiţionate indirect de asemenea experienţe?

Pentru logica pură toate axiomele sunt arbitrare, inclusiv axiomele eticii. Ele nu sunt însă nicidecum arbitrare din punct de vedere psihologic şi genetic, ci derivă din tendinţele noastre înnăscute de a evita durerea şi distrugerea şi din reacţia emoţională acumulată a indivizilor la comportamentul celor cu care convieţuiesc.

Este un privilegiu al gemului moral al omului, personificat de indivizi inspiraţi, de a avansa axiome etice atât de cuprinzătoare şi de bine fundate, încât oamenii le acceptă ca fiind întemeiate pe imensa masă a experienţelor lor emoţionale individuale. Modul în care se fundează şi se testează axiomele etice nu diferă foarte mult de modul de fundare şi testare a axiomelor ştiinţei. Adevărul este ceea ce rezistă la proba experienţei.

CUPRINS

Nota traducătorilor... 5
Autoportret... 9
L CUNOAŞTEREA NATURII:

PRINCIPII ŞI EVOLUŢIE ISTORICĂ
Discurs de recepţie la Academia Prusacă de Ştiinţe… 13
Ernst Mach… 18
Principiile cercetării… 29
Geometrie şi experienţă… 34
Mecanica lui Newton şi influenţa ei asupra evoluţiei fizicii teoretice… 43
Johannes Kepler… 52
Influenţa lui Maxwell asupra evoluţiei concepţiei despre realitatea fizică… 57
Epilog: Un dialog socratic… 63
Despre metoda fizicii teoretice… 74
Observaţii asupra teoriei cunoaşterii a lui Bertrand Russeâl… 83
II. FUNDAMENTELE FIZICII TEORETICE:
TEORIA RELATIVITĂŢII
ŞI MECANICA CUANTICĂ
Ce este teoria relativităţii?… 93
Fizica şi realitatea… 101
Fundamentele fizicii teoretice… 130
Mecanica cuantică şi realitatea… 153
307
Note autobiografice… 159
Observaţii asupra articolelor reunite în acest volum 209
Observaţii preliminare cu privire la conceptele fundamentale… 241
III. ŞTIINŢĂ ŞI ÎNŢELEPCIUNE:
CE TREBUIE SĂ FACEM ŞI CE PUTEM SPERA
Cum văd eu lumea?… 249
Religie şi ştiinţă… 253
Scrisoare către Academia Prusacă de Ştiinţe din 28 martie 1933… 259
Scrisoare către Academia Prusacă de Ştiinţe din5 aprilie 1933… 260
Scrisoare către Academia Prusacă de Ştiinţe din 12 aprilie 1933… 262

Ştiinţă şi civilizaţie... 263
Religiozitatea cercetării... 268
Ştiinţă şi societate... 270
Despre educaţie... 274
Despre libertate... 280
Ştiinţă şi religie (I-II) ... 282
Limbajul comun al ştiinţei... 293
De ce socialism?... 296
Legile ştiinţei şi legile eticii... 304
Redactor
VLAD ZOGRAFI
Tehnoredactor
LUMINIŢA SIMIONESCU
Corector
MĂRIA NICOLAU
Apărut 2005
BUCUREŞTI – ROMÂNIA
Lucrare executată la „UNIVERSUL" S.A.
H U M AN IŢA S
citim de 15 ani împreună
ALBERT EINSTEIN
TEORIA RELATIVITĂŢII PE ÎNŢELESUL TUTUROR
trad. de ILIE pârvu

1905 a fost un an miraculos pentru ştiinţă. Albert Einstein publică trei lucrări: una ţinând încă de domeniul fizicii clasice (în care dă o descriere a mişcării browniene), o alta despre efectul fotoelectric (şi care avea să stea la baza dezvoltării ulterioare a mecanicii cuantice) şi, în fine, articolul apărut în *Zeitschrift für Physik*, „Asupra electrodinamicii corpurilor în mişcare", actul de naştere al teoriei relativităţii. Unsprezece ani mai târziu, Einstein lărgeşte cadrul iniţial al teoriei (relativitatea restrânsă) într-o descriere care include şi câmpul gravitaţional (relativitatea generală) şi care modifică încă mai violent percepţia comună asupra realităţii, în 1917, Einstein publică singura sa lucrare în care prezintă publicului larg ideile ce stau la baza recentelor sale rezultate: *Teoria relativităţii pe înţelesul tuturor*. Cartea, remarcabilă prin

simplitate şi claritate, e mărturia capacităţii lui Einstein de a privi lumea fără idei ştiinţifice preconcepute şi de a ajunge până la esenţa ultimă a lucrurilor, în punctul în care intuiţia încearcă să surprindă principiile fizicii, iar imaginaţia construieşte experimente mintale sugestive. *Teoria relativităţii pe înţelesul tuturor* e o mărturie excepţională pentru fizicieni şi, în acelaşi timp, laboratorul gândirii lui Einstein în care pot pătrunde şi cei neiniţiaţi.

HUMANITAS
citim de 15 ani împreună
ALBERT EINSTEIN
CUVINTE MEMORABILE
trad. de SABINA DORNEANU

„Cum se face că nimeni nu mă înţelege, dar toată lumea mă iubeşte?" se întreba Einstein într-un interviu din 1944. Teoria relativităţii i-a adus o faimă pe care niciun savant n-a dobândit-o vreodată: a devenit simbolul ştiinţei şi al înţelepciunii.

O înţelepciune nonconformistă şi plină de umor, odată ce poza în care scoate limba continuă să facă, de aproape un secol, înconjurul lumii. O înţelepciune autoironică, aşa cum o dovedesc cuvintele rostite de Einstein în 1922, la Sorbona:

„Dacă teoria mea se va dovedi corectă, Germania va susţine că sunt german, iar Franţa mă va declara cetăţean al lumii.

Dacă teoria mea se va dovedi falsă, Franţa va spune că sunt german, iar Germania mă va declara evreu".

După ce a studiat vreme de douăzeci de ani manuscrisele lui

Einstein, Alice Calaprice a adunat aceste vorbe memorabile, împreună cu fragmente din scrisori şi documente recent descoperite, alcătuind o antologie care dă imaginea vie şi complexă a savantului. Einstein vorbeşte aici despre sine şi despre familie, despre moarte, educaţie, omenire, viaţă, Dumnezeu, muzică, război, astrologie, creativitate, patriotism, farfurii zburătoare, intuiţie, psihanaliză, femei, ştiinţă şi conştiinţă, dragoste,

inteligenţă…

Devenită simbol al ştiinţei, mai mult, simbol al unei înţelepciuni care depăşeşte frontierele ştiinţei, ajungând la întrebările esenţiale despre ordinea universului şi rostul nostru pe pământ, figura lui Einstein continuă să exercite o fascinaţie fără egal, atât asupra oamenilor de ştiinţă, cât şi asupra profanilor, cuceriţi de clarviziunea, nonconformismul şi umorul său. *Cum văd eu lumea*, reuneşte articole şi conferinţe ale lui

Einstein, definitorii pentru calea urmată în cercetările sale ştiinţifice, pentru personalitatea şi viziunea lui asupra lumii, texte prin care savantul a urmărit să se apropie de publicul larg, fără a lăsa în umbră rigoarea fizicianului.

La un secol de la descoperirea teoriei relativităţii, problemele puse aici de Einstein sunt încă în actualitate, iar perspectiva lui e un model pentru fizicienii care încearcă să ajungă la o teorie unificată, o teorie „a tot ce există” – ideal căruia Einstein i-a închinat întreaga viaţă.

Alte apariţii la Humanitas:
ALBERT EINSTEIN
Teoria relativităţii pe înţelesul tuturor
Cuvinte memorabile
STEPHEN HAWKING
Visul lui Einstein şi alte eseuri
Scurtă istorie a timpului
Universul într-o coajă de nucă
I 04165
5 25.00
2? cânnnfâi isbn 973 – 50 – 1062 – 3
U. UUU îi im uni îi uniunii unii
5” 948353” 006643